

Рассмотрены особенности разработки модели реального бревна с учетом его размеров, формы и пороков древесины по результатам деструктивного разделения (распиловки) бревна в производственных условиях. Сравнение результатов реальной распиловки бревна с результатами имитационной распиловки модели этого бревна показали адекватность разработанной модели и ее пригодность для дальнейших исследований.

Ключевые слова: бревно, сканирование, пороки древесины, пиломатериал, модель, имитационная распиловка, программное обеспечение для трехмерного моделирования SolidWorks.

Mayevskyy V.O. Model development of real log for its sawing simulation into sawn timber

The features of the development of model for real log with its size, shape and available wood defects as a results of destructive cutting of log in working conditions were examined. Comparison of real-sawing log with the results of simulation model of same log showed adequacy of this model and its suitability for further researches.

Keywords: log, scanning, wood defects, timber (lumber), model, sawing simulation, software for three-dimensional simulation SolidWorks.

УДК [674:658.011.54/56]:674.214

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

РАЦІОНАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗТАШУВАННЯ ВЕРСТАТІВ У АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛІНІЯХ

Досліджено можливість застосування розробленої методики впорядкування послідовності розташування машин різної продуктивності для структур триверстатних автоматизованих ліній зі стохастичною тривалістю оброблення заготовок на рівно- та різностабільному обладнанні. Встановлено характер та ступінь впливу параметра Ерланга технологічних операцій на продуктивність машинної системи. Розроблено рекомендації щодо ефективності компонування автоматизованих ліній з урахуванням раціональної послідовності продуктивностей та стабільностей верстатів.

Ключові слова: автоматизована лінія, оброблення, заготовка, продуктивність, параметр Ерланга, стабільність, компонування, стохастична тривалість, технологічна операція, раціональна послідовність машин, ступінь впливу, ефективність.

Актуальність теми. Під час проектування ефективних структур автоматизованих ліній постійно доводиться вирішувати завдання вибору раціонального порядку розташування машин у технологічному потоці, який забезпечуватиме максимальну пропускну здатність (продуктивність) багатOVERстатної системи. Вирішення цього завдання є одним з екстенсивних способів покращення ефективності функціонування автоматизованих ліній завдяки нівелюванню накладених втрат робочого часу обладнання, зумовлених складною природою взаємовпливу різнопродуктивних верстатів у структурах машинних систем.

Вплив способу розташування верстатів з різною продуктивністю на ефективність роботи автоматизованої лінії досліджувало багато вчених, зокрема: А. Владзієвський, К. Окамура, Г. Ямашіна [1, 2] (у машинобудуванні) та Д. Воєвода, І. Турлай, Д. Дудюк, В. Максимів [3-6] (у лісовому комплексі). Однак під час розроблення методик і алгоритмів раціонального компонування ліній процес оброблення заготовок розглядали детермінованим [1, 2], або стабільності технологічних операцій, величина яких залежить від впливу на процес функціонування обладнання значної кількості стохастичних збурю-

вальних факторів [5, 6], приймали однаковими. Тому для умов імовірнісного функціонування обладнання такі методики потребують певного уточнення.

Мета дослідження. Встановлення характеру та ступеня впливу стабільностей технологічних операцій на порядок розташування верстатів зі стохастичною тривалістю оброблення заготовок в автоматизованих лініях.

Методика розв'язання задачі. Згідно із запропонованим алгоритмом [2, 5, 6] побудови ефективних структур автоматизованих ліній, високопродуктивні верстати повинні працювати в технологічному потоці між малопродуктивними машинами, причому найменш продуктивний верстат має бути завершальним. Такий спосіб компонування машинної системи придатний для детермінованих машинобудівних процесів оброблення заготовок. А в деревообробці обладнання працює в умовах випадкової невизначеності тривалості технологічних операцій, які з високою достовірністю описуються Ерланговим законом розподілу ймовірностей [5, 7]. У такому разі під час вибору раціональної послідовності продуктивностей верстатів у автоматизованій лінії з метою підвищення ефективності її функціонування, необхідно враховувати коефіцієнти стабільності технологічних операцій K_i (параметра Ерланга), які характеризують непостійність інтервалів випуску продукції – $K_i = \bar{t}_i^2 / S_i^2(t_i)$, де: $\bar{t}_i^2$ – середнє значення тривалості технологічної операції; $S_i^2(t_i)$ – величина дисперсії тривалості технологічної операції.

Для досягнення поставленої мети за допомогою імітаційного моделювання досліджено роботу триверстатної автоматизованої лінії, структура якої оптимізована за критерієм раціонального розташування верстатів з різними відносними продуктивностями: $P_1 = 1.5$, $P_2 = 2$ і $P_3 = 1$ (п'ять інших можливих структур лінії – $P_1 = 1.5$, $P_2 = 1$ і $P_3 = 2$; $P_1 = 1$, $P_2 = 2$ і $P_3 = 1.5$; $P_1 = 1$, $P_2 = 1.5$ і $P_3 = 1$; $P_1 = 2$, $P_2 = 1.5$ і $P_3 = 1$ та $P_1 = 2$, $P_2 = 1$ і $P_3 = 1.5$ не розглядали, які, згідно із запропонованим алгоритмом [5], є неефективними). На першому кроці досліджень стабільність технологічних операцій на всіх ділянках машинної системи приймали однаковою, а параметри Ерланга варіювали в межах $1 \leq K_i \leq 50$, $i = 1, \dots, 3$ ($K_i = 1$ – технологічний процес є чисто випадковим, $K_i = 50$ – технологічний процес наближається до детермінованого). За результатами виконаних обчислень побудовано графічні залежності $P_L = f(K_i)$, які дали змогу встановити характер та ступінь впливу параметрів Ерланга K_i інтервалів випуску продукції на продуктивність автоматизованої лінії P_L (рис. 1).

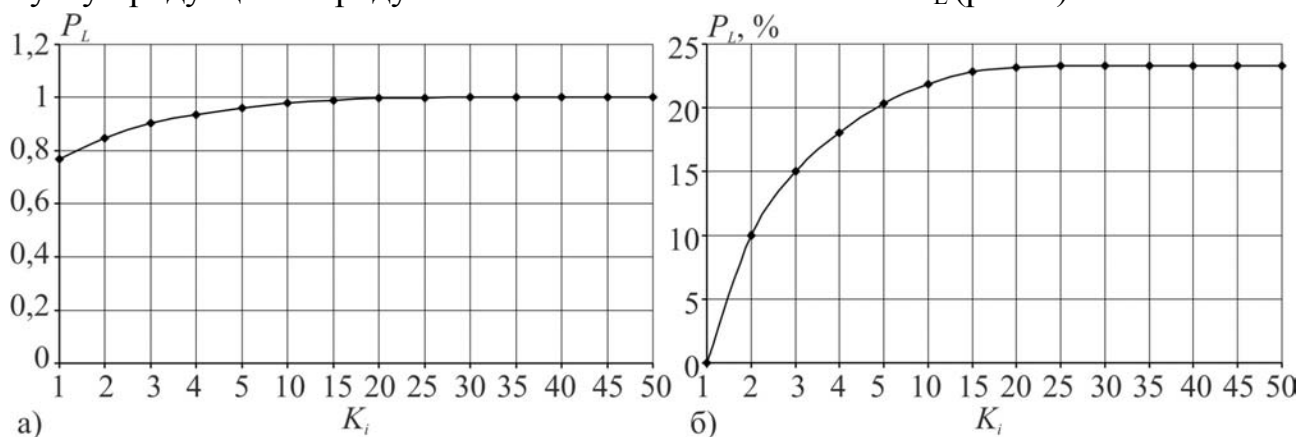


Рис. 1. Залежність продуктивності автоматизованої лінії P_L від стабільності технологічних операцій K_i : а – відносно значення P_L ; б – зміна P_L у відсотках

Розрахунки показали, що розроблені методики впорядкування послідовності розташування верстатів різної продуктивності в автоматизованих лініях [2, 5, 6] можна застосовувати для випадку, коли стабільність оброблення заготовок на всіх дільницях машинної системи буде однаковою (незалежно від того, чи технологічний процес є чисто випадковим – $K_1 = K_2 = K_3 = 1$, чи за своїми характеристиками наближається до детермінованого процесу – $K_1 = K_2 = K_3 = 50$). Рівномірне підвищення параметрів Ерланга K_i на всіх верстатах приводить до зростання продуктивності лінії P_L , але найбільша динаміка такого впливу спостерігається тільки на проміжку зміни $1 \leq K_i \leq 20$ (рис. 1, а). У цьому разі пропускну здатність машинної системи можна збільшити до 23 % (рис. 1, б). Подальше підвищення стабільності технологічних операцій ($K_i > 20$) завдяки здійсненню організаційно-технічних заходів [8] є неефективним, оскільки величина P_L приймає усталене, але не максимальне значення.

З іншого боку, на виробництві рідко вдається забезпечити однакову стабільність технологічних дільниць автоматизованої лінії. А це означає, що для умов проектування машинних систем з різнопродуктивними та різностабільними верстатами потрібно розробити інші способи компонування машин у їх структурах. Тому, змодельовавши роботу триверстатної лінії з $n = 3!$ можливими послідовностями продуктивностей верстатів P_i і $k = 3!$ граничними послідовностями зміни параметрів Ерланга K_i , отримано залежність відносної продуктивності машинної системи P_L від факторів P_i і K_i (табл. і рис. 2).

Табл. Відносна величина продуктивності автоматизованої лінії P_L для різної послідовності продуктивностей P_i та параметрів Ерланга K_i верстатів

№ варіанта	Послідовності продуктивностей P_1, P_2 і P_3	Послідовності коефіцієнтів стабільності верстатів K_1, K_2 і K_3					
		1-10-20	1-20-10	10-1-20	10-20-1	20-1-10	20-10-1
1	1-1.5-2	0.8349	0.8384	0.8583	0.9341	0.8642	0.9391
2	1-2-1.5	0.8634	0.8617	0.9211	0.9061	0.9271	0.9116
3	1.5-1-2	0.8571	0.8633	0.8341	0.9172	0.8367	0.9114
4	1.5-2-1	0.9113	0.9063	0.9264	0.8607	0.9209	0.8625
5	2-1.5-1	0.9392	0.9335	0.8643	0.8387	0.8577	0.8343
6	2-1-1.5	0.9113	0.9168	0.8376	0.8626	0.8334	0.8569

З таблиці та рис. 2 видно, що в разі компонування автоматизованої лінії верстатами з різною стабільністю технологічних операцій запропонований спосіб [2] розміщення високопродуктивного верстата в центрі її структури, а найменш продуктивної машини – у кінці технологічного потоку (варіант № 4), є не найкращим (для $K_1 = 10$, $K_2 = 1$ і $K_3 = 20$) й поступається варіанту № 1 (для $K_1 = 20$, $K_2 = 10$ і $K_3 = 1$) та варіанту № 5 (для $K_1 = 1$, $K_2 = 10$ і $K_3 = 20$) побудови машинної системи. Перший і п'ятий варіанти розташування верстатів у лінії з відповідними співвідношеннями параметрів Ерланга K_i (рис. 2), де машини встановлено в її структурі за порядком зростання чи спадання продуктивностей P_i , є ефективнішими і, одночасно, – рівноцінними. Варіант № 2 не поступається за ефективністю варіанту № 4. Варіанти № 3 і № 6, де найменш продуктивний верстат працює між двома, більш продуктивними машинами, дають найнижчу пропускну здатність автоматизованої лінії і є недоцільними для її компонування.

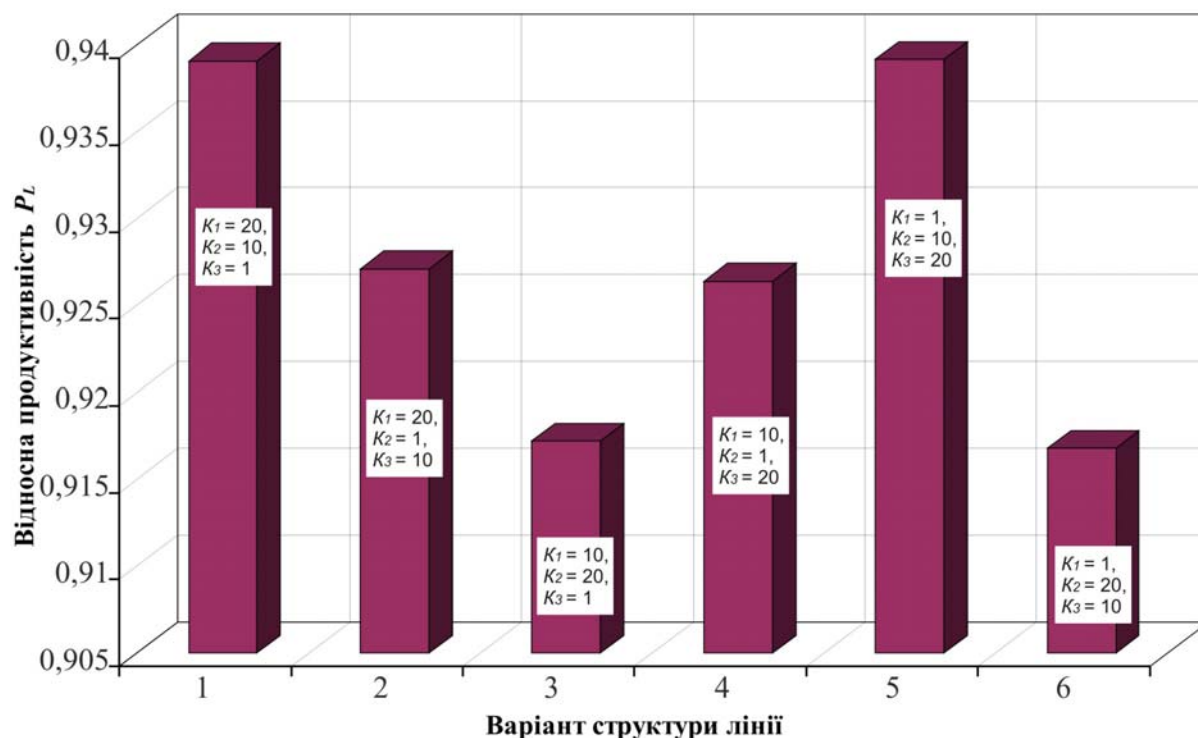


Рис. 2. Величина відносної продуктивності лінії P_L для різних варіантів розташування різнопродуктивних і різностабільних верстатів

Отже, під час компоновання автоматизованої лінії доцільно, щоб найменш продуктивний верстат мав найвищу стабільність оброблення заготовок, а найпродуктивніша машина, порівняно з іншими верстатами, відзначалася найнижчим коефіцієнтом Ерланга. Стабільність роботи третьої машини повинна бути вищою за стабільність найбільш продуктивного верстата. Таке компоновання автоматизованої лінії максимально локалізує можливі накладені втрати робочого часу обладнання й підвищує ефективність її функціонування.

Висновки:

1. Методика компоновання структур автоматизованих ліній, коли високопродуктивні верстати розташовані між низькопродуктивними машинами, а найменш продуктивний верстат – у кінці технологічного потоку, є ефективною для детермінованих і стохастичних процесів оброблення заготовок з однаковими стабільностями технологічних операцій K_i . Для підвищення продуктивності P_L таких машинних систем необхідно одночасно підвищувати стабільності роботи всіх технологічних ділянок K_i .
2. Якщо верстати, які агрегатують автоматизовану лінію, працюють в умовах стохастичної невизначеності й характеризуються неоднаковими параметрами Ерланга K_i , то ця методика побудови машинних систем є хибною. Для такого випадку верстати доцільно розташовувати в порядку зростання чи спадання їх продуктивностей – $P_1 \geq P_2 \geq P_3$ або $P_1 \leq P_2 \leq P_3$. Але такі структури машинних систем будуть ефективними тільки в тому разі, коли для вказаних співвідношень продуктивностей верстатів забезпечуються такі співвідношення коефіцієнтів стабільності технологічних операцій: $K_1 \leq K_2 \leq K_3$ та $K_1 \geq K_2 \geq K_3$.
3. Сформульовані рекомендації щодо підвищення ефективності роботи автоматизованих ліній доцільно застосовувати як під час проектування но-

вих триверстатних систем, так і для реконструкції працюючих на виробництві ліній.

Література

1. Владзиевский А.П. Автоматические линии в машиностроении / А.П. Владзиевский. – М. : Изд-во "Машгиз", 1958. – 287 с.
2. Okamura K. Analysis of the effect of buffer storage capacity in transfer line systems / K. Okamura, H. Yamashina // Transactions of the A.I. E., 1977. – 43 с.
3. Воевода Д.К. Основные методы автоматизации в лесной промышленности / Д.К. Воевода. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1962. – 428 с.
4. Турлай И.В. Оптимизация некоторых параметров многооперационных машин / И.В. Турлай, А.С. Федоренчик // Лесной журнал : Известия ВУЗов России, 1977. – № 1. – С. 75-83.
5. Елементи теорії автоматичних ліній / Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів, Л.М. Сорока. – Київ-Львів, 1998. – 190 с.
6. Максимів В.М. Моделювання процесів функціонування автоматизованих ліній деревообробки : монографія / В.М. Максимів. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1997. – 184 с.
7. Іванишин Т.В. Про деякі результати математичного опису тривалості технологічних операцій столярно-будівельного виробництва / Т.В. Іванишин // Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу : зб. матер. допов. Міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 травня 1996 р. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1996. – С. 43-46.
8. Іванишин Т.В. Підвищення стабільності інтервалів випуску за рахунок технічного вдосконалення деревообробного обладнання / Т.В. Іванишин // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1997. – Вип. № 6. – С. 94-98.

Іванишин Т.В. К вопросу рациональной последовательности расположения станков в автоматизированных линиях

Исследована достоверность по применению разработанной методики последовательного расположения машин разной производительности в структурах трехстаночных автоматизированных линий со стохастической длительностью обработки заготовок на разностабильном оборудовании. Установлен характер и степень влияния параметра Эрланга технологических операций на производительность машинной системы. Разработаны рекомендации относительно эффективности компоновки автоматизированной линии с учетом рациональной последовательности производительности и стабильности станков.

Ключевые слова: автоматизированная линия, обработка, заготовка, производительность, параметр Эрланга, стабильность, компоновка, стохастическая длительность операций, технологическая операция, рациональная последовательность машин, степень влияния, эффективность.

Ivanyshyn T.V. The method of rational planning of structures of the automated lines with machine-tools of the different productivity

The method of rational location of the machine-tools with different productivity and stability of work in automated lines with three machine-tools is developed. The character and degree of the influence of Erlang's parameter of woodworking machine-tools on the productivity of line is investigated. Recommendations for the construction of effective structures of automated lines with stochastic character of duration of technological operations are developed.

Keywords: automated line, machining, purveyance, productivity, Erlang's parameter, stability, stochastic duration, technological operation, rational location of machine-tools, degree of influence, efficiency.