

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДІЙМАЛЬНО-ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ МАШИН МАНІПУЛЯТОРНОГО ТИПУ НА ЛІСОВИХ СКЛАДАХ

Установлено, що показник “продуктивність машини” під час оцінювання можливостей виконання фактичного об’єму робіт машини на великих інтервалах часу призводить до неточних результатів. Розроблено метод розрахунку виробничого потенціалу підіймально-транспортного устаткування і доведено, що він залежить від тривалості часу, інтенсивності потоку поступлення вимог і технічної продуктивності, які у свою чергу обумовлені дією різних зовнішніх і внутрішніх факторів.

Ключові слова: продуктивність, виробничий потенціал, маніпулятор.

Постановка проблеми дослідження. Для визначення можливого об’єму переміщення лісоматеріалів підіймально-транспортувальними машинами маніпуляторного типу на лісових складах традиційно використовують поняття продуктивності механізму [1-3], яка визначається як максимально можливий річний (місячний, добовий) об’єм готової продукції відповідно до вантажообігу B_p лісового складу і розраховується за формулою:

$$B_p = P_p T_p \varphi_{пу}, \quad (1)$$

де: P_p – продуктивність машини (або норма виробітку) за годину; T_p – кількість годин роботи машини в планованому періоді; $\varphi_{пу}$ – коефіцієнт використання робочого часу машини.

З формули (1) випливає, що під час розрахунку продуктивності машини передбачається, що в процесі роботи машина повинна зупинятись тільки у зв’язку з відсутністю заявок і для проведення планових робіт пов’язаних з її обслуговуванням. Але фактично, на машину, включену у виробничий процес, діють ряд різних факторів, які вимагають додаткових зупинок машини, і не враховані значення P_p і $\varphi_{пу}$ [4], зокрема – необхідність проведення незапланованих (непередбачених) робіт та зупинки з різних організаційних причин, що не враховуються під час планування і, отже, ненормовані. Це очевидно, призводить зниження продуктивності машин [5]. Послідовність “позапланових” зупинок в часі є потоком випадкових подій, параметри якого, якби вони були визначені, могли б бути використані для корекції значень продуктивності машини. Доцільно припустити, що із збільшенням часу роботи устаткування ймовірність цих подій зростає, а інтенсивність потоку внаслідок незбалансованості продуктивності суміжних ліній та обладнання, аварій, поломок тощо спадає, що в кінцевому результаті призводить до спадного характеру годинної продуктивності P_p машини.

Аналіз останніх досліджень. На підставі проведених досліджень виконано групування і встановлено взаємодію груп факторів, дії яких призводять як до планових так і до випадкових зупинок машини (рис. 1). Виявлення і облік вказаних факторів під час оцінювання продуктивності підіймально-транспортувальних машин маніпуляторного типу дасть змогу повніше відобразити в розрахунках реальні умови її роботи, зробити ці розрахунки точнішими. При цьому це можна виконати різними шляхами [4–6]. Так, можна встановити правила перерахунку коефіцієнта $\varphi_{пу}$, незважаючи на те, що це представляється важко здійсненним. Цей коефіцієнт “прив’язаний” до певного технологічного процесу і до організаційних умов більшою мірою, ніж до машини. Правильнішим пропонується виконати об-

лік всіх додаткових витрат часу (тобто витрат з будь-яких причин) саме зниженням за певним законом продуктивності машин.

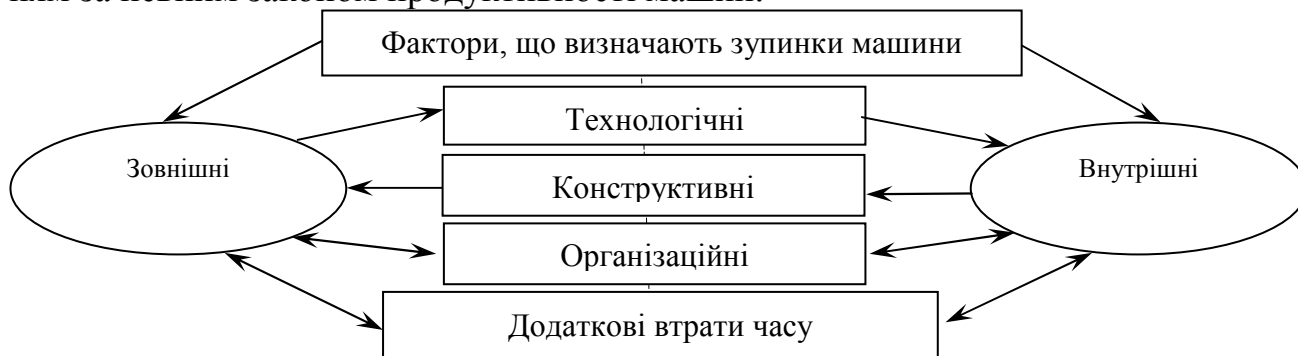


Рис. 1. Групування факторів зупинок машини

Аналіз характерних умов роботи, даних виробничих спостережень за продуктивністю дасть змогу встановити усереднену залежність продуктивності машини від часу в нормативний період її роботи. Далі в даній роботі ця характеристика приймається за основу під час оцінювання потенціалу устаткування і іменується функцією продуктивності машини.

Виклад основного матеріалу. Виробничим потенціалом машини називатимемо показник, що відображає можливий обсяг переміщення деревини за встановлений період часу з врахуванням дії різних факторів як зовнішніх так і внутрішніх, що характеризують реальні умови роботи даної машини у виробничому процесі. Під час розрахунку виробничого потенціалу передбачається враховувати витрати часу машини (в межах режимного фонду часу), що виникають внаслідок непередбачених (випадкових) обставин і зупинок без детального врахування їх причин. Ймовірнісний характер величин цих витрат передбачається визначати введенням в розгляд оцінок інтенсивності потоку, визначаючи набір організаційних і технічних факторів (що впливають на ці інтенсивності), які характеризуються, як правило, емпіричними оцінками. У результаті формується усереднена тенденція зниження продуктивності машини на даному (достатньо великому) інтервалі. Це представляється більш точнішим і, отже, має перевагу над використанням усереднених оцінок продуктивності, що розглядаються на цьому інтервалі як постійні. Основні припущення, прийняті під час оцінювання виробничого потенціалу машини, можна сформулювати таким чином:

- при оцінюванні можливого обсягу виконаної роботи на різних зростаючих інтервалах часу слід приймати до уваги різноманітні сукупності факторів, що впливають (у бік зниження) на продуктивність машини;
- оцінювання потенціалу машини проводиться для попередньо заданого проміжку часу.

Тривалість роботи машини слід приймати достатньо великою (місяць, квартал, рік) так, щоб, на цьому інтервалі часу, принаймні за теоретичними розрахунками, була б ненульова вірогідність непередбачених (непланових) подій з різних причин. Для відносно коротких інтервалів часу (година, зміна, доба) доцільно використовувати традиційне поняття – теоретична або фактична продуктивність, тобто користуватися показником, скоректованим за допомогою коефіцієнта $\varphi_{пу}$, оскільки, теоретично, вірогідність виникнення усіх можливих подій незначна.

Для формального визначення потенціалу машини зручним є розгляд функції продуктивності – функції, що відображає залежність продуктивності машини (пе-

реміщення сортиментів за малий проміжок часу Δt , наприклад, годину) від часу t на інтервалі $[0, T] \in (T \gg \Delta t)$ за номінального вхідного потоку.

Функція продуктивності може бути отримана в результаті спостережень за продуктивністю машини на великому інтервалі часу, внаслідок формування відповідного тимчасового ряду і подальшого згладжування цього ряду. Реалізація цього способу може зустріти певні організаційні і технологічні труднощі, зокрема – складність організації тривалих періодичних спостережень за роботою машини, наявність неминучої значної похибки апроксимації через “провали” в продуктивності за періоди простоїв тощо.

Переважаючим є інший аналітичний спосіб, суть якого полягає в наступному. Вважаємо, що функція продуктивності є не зростаючою і достатньо гладкою функцією часу. Це означає, що на даному інтервалі часу не проводилося спеціальних заходів щодо підвищення продуктивності машини. Припустимо, що функція продуктивності для даної машини тим або іншим способом визначена і представлена в аналітичному вигляді. Позначимо цю функцію через $\Pi_f(t)$.

Тоді виробничий потенціал машини на заданому інтервалі часу формально можна визначити як інтеграл від функції продуктивності на цьому інтервалі:

$$W = k_{\text{вп}} \int_{t_1}^{t_2} \Pi_f(t) dt, \quad (2)$$

де: $k_{\text{вп}}$ – коефіцієнт вихідного потоку круглих лісоматеріалів; $\Pi_f(t)$ – функція продуктивності.

Це визначення виробничого потенціалу під час виконання транспортувально-переміщувальних робіт приймається як основа у подальшому розгляді.

На інтервалі $[0, T]$ з урахуванням прийнятих розрахункових значень характеристик завантаженості відбудеться $N_{\text{п}}$ поступлень заявок, кількість яких рівна

$$N_{\text{п}} = p_0 T, \quad (3)$$

де p_0 – ймовірність поступлення заявок.

Приймемо, що інтервал часу поступлення чергової заявки, рівний Δt . Тоді на інтервалі $[0, T]$ машина буде додатково завантажена протягом часу $\Delta T = \Delta t N_{\text{п}}$. Таким чином, на інтервалі $[0, T]$ машина працюватиме $[T - \Delta T]$ одиниць часу з інтенсивністю поступлення заявок λ і об’ємом однієї заявки q . Загальний об’єм виконаної роботи визначимо за формулою

$$V = (T - \Delta T) \lambda q k_{\text{вп}}, \quad (4)$$

В даній формулі для простоти не враховуємо коефіцієнт працюючого устаткування (завантаженості) $\varphi_{\text{пу}}$, тому така оцінка є завищеною. За своєю суттю коефіцієнт $\varphi_{\text{пу}}$ характеризує ступінь неперервності робочого процесу механізму і виражається як співвідношення тривалості робочого ходу t_p до тривалості циклу $\varphi_{\text{пу}} = t_p / T$. Цю величину можна прийняти як оцінку потенціалу машини на інтервалі $[0, T]$, тобто прийняти $\Pi = V$. Такий підхід приймемо за основу для подальших міркувань як з точки зору прогресивності технологічного процесу так і з точки зору конструктивної досконалості механізмів. Використання поняття потенціал машини замість продуктивність при заданому об’ємі випуску продукції дає мен-

ший результат, що в свою чергу пояснюється врахуванням факторів, які негативно впливають на продуктивність машин.

Потенціал машини, як було зазначено раніше, на інтервалі $[0, T]$ приймається рівним інтегралу від функції продуктивності. Виконаємо порівняння формул (2) і (4) та отримаємо:

$$k_{\text{вп}} \int_0^T \Pi_f(t) dt = (T - \Delta T) \lambda q k_{\text{вп}}. \quad (5)$$

$$\text{Виконавши заміну } P = \lambda q \text{ запишемо } \int_0^T \Pi_f(t) dt = (T - \Delta T) P. \quad (6)$$

З цього виразу за певних припущень може бути встановлений вигляд функції $\Pi_f(t)$. Якщо ця функція буде відома, то з'являється можливість визначити потенціал машини на будь-якому інтервалі часу, що міститься всередині початкового інтервалу $[0, T]$.

Як зазначено раніше, визначення виду функції продуктивності після вибору її структури зводиться до встановлення чисельних значень параметрів. Також установлено, що функція продуктивності може бути отримана в результаті спостережень за продуктивністю машини на достатньо тривалому інтервалі часу, внаслідок формування відповідного тимчасового ряду і подальшого згладжування цього ряду тим або іншим способом. Були виявлені і труднощі, пов'язані з реалізацією цього способу. Розглянемо іншу схему визначення функції $\Pi_f(t)$, рис. 2.

Схема ілюструє зміст і можливий спосіб визначення значень потенціалу машини. Дійсно, площа прямокутника $CAFO$ дає максимальну оцінку потенціалу на інтервалі $[0, T]$: $V_{\text{max}} = \Pi_p T$; площа фігури $CBFO$ (під кривою $\Pi_f(t)$) дає реальну оцінку потенціалу; площа фігури CAB – результат дії всіх факторів, що знижують потенціал машини.

Машина реально працює зі спадною продуктивністю, тому що для переміщення об'єму лісопродукції, рівного V_{max} , їй доведеться додатково працювати протягом часу ΔT , так щоб виконувалась умова $S_{CAFO} = S_{CBFO}$. З цієї умови можна визначити рівняння кривої $\Pi_f(t)$. Для цього необхідно прийняти закон зміни її значень в часі. У даній роботі з метою полегшення побудови функції продуктивності приймемо, що зміна її значень в часі підпорядковується лінійному закону.

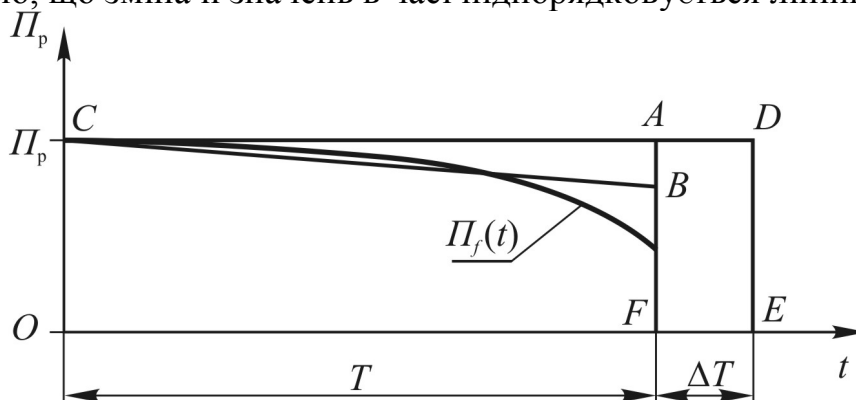


Рис. 2. Геометричне представлення функції продуктивності $\Pi_f(t)$.

Розглянемо процедуру визначення функції, прийнявши її лінійною

$$\Pi_f(t) = at + b.$$

Визначимо невідомі параметри a і b за допомогою простих геометричних побудов (рис. 2). З виразу (6) можна побачити, що значення об'єму випуску продукції рівне площі фігури $CBFO$. У формулі (2) величина ΔT не фігурує і цей же об'єм випуску досягається на інтервалі $[0, T]$ за лінійно спадної функції продуктивності (можливо тільки за $\Delta T > 0$). Звідси стають очевидними геометричні співвідношення, а саме – рівність площ фігур CAB і $ADEF$.

Цей факт призводить до наступних співвідношень:

$$S_{CAB} = S_{ADEF}, \text{ або } \frac{AB}{2} T = \Pi_p \Delta T \Rightarrow AB = 2 \Pi_p \frac{\Delta T}{T}, \quad (7)$$

$$a = -\frac{CD}{T} = \frac{-2 \Pi_p \Delta T}{T^2} \text{ і } b = \Pi_p. \quad (8)$$

Оскільки $\Delta T = \Delta t \lambda T$, то можна записати: $a = -2 \Pi_p \Delta t \lambda / T$ і $b = \Pi_p$.

Таким чином, функція продуктивності $\Pi_f(t)$ має вигляд

$$\Pi_f(t) = -\frac{2 \Pi_p \Delta t \lambda}{T} t + \Pi_p. \quad (9)$$

З отриманої функції продуктивності видно, що зі збільшенням часу роботи машини значення її функції продуктивності зменшується. Якщо необхідно більш точно визначити вигляд функції продуктивності, то може бути побудоване її нелінійне рівняння, для чого необхідний збір додаткових даних.

При цьому у формулах можуть з'явитися додаткові параметри, що істотно ускладнить порядок побудови і визначення функції продуктивності.

Доцільнішим є використання кусково-лінійної апроксимації з попереднім поділом розглянутого інтервалу часу на підінтервали.

Висновки: 1. Установлено, що прийнятий показник “продуктивність машини” під час оцінювання можливостей виконання фактичного об'єму робіт окремої машини на великих інтервалах часу призводить до неточних (завищених) результатів, тому що на таких інтервалах практично завжди мають місце наднормативні простой машин, викликані існуючою технологією виконання робіт, незадовільною організацією праці на лісовому складі та необхідністю створення значних запасів сировини і готової продукції.

2. Розроблено метод розрахунку виробничого потенціалу на основі отриманої функції продуктивності підіймально-транспортного устаткування.

3. Доведено, що функція продуктивності підіймально-транспортувальних машин маніпуляторного типу залежить від тривалості часу, інтенсивності потоку поступлення вимог і технічної продуктивності, які у свою чергу обумовлені дією різних зовнішніх і внутрішніх факторів.

Література

1. **Mohamed B. Trabia.** Placement of a manipulator for minimum cycle time / Trabia B. Mohamed, Kathari Murali // Journal of Robotic Systems. – Volume 16, Issue 8, – August 1999. – P. 419-431.
2. **Gerasimov Yu.Yu.** Forest machinery crane compound scheme synthesis: "skeleton" part / Yu. Yu. Gerasimov, V. S. Siounev // Journal of Forest Engineering (Canada). 1998. 9(1) P. 25-30.
3. **Залегаллер Б.Г.** Технология и оборудование лесных складов : учебник / Б. Г. Залегаллер, П. В. Ласточкин, С. П. Бойков. – [3-е изд.]. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 352 с.
4. **Исследование и оптимизация** лесозаготовительных и лесообрабатывающих процессов

малолесистых районах : отчет о НИР (заключ.) : 254 / МЛТИ ; рук. А. К. Редькин ; исполн. А. К. Горюнов, В. Д. Никишов, В. Е. Рублев [и др.]. – М., 1982. – 228 с. – Рег. № 78042361.

5. **Нагорный Г.Ф.** Технология и оборудование для сортировки и пакетирования круглых лесоматериалов на базе стационарного манипулятора : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.21.01 “Технология и машины лесного хозяйства и лесозаготовок” / Г. Ф. Нагорный. – Химки, 1997. – 19 с.

6. **Бакай Б.Я.** Основні принципи розроблення аналітичної моделі процесу захоплення лісоматеріалів грейфером мобільної навантажувальної машини / Б. Я. Бакай // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.15. – С. 164-169.

UDC 630*848

Assoc. prof. B.Ya. Bakay – UNFU

A method for evaluating the production potential of load-haul machines of manipulator type under conditions of timber yard

The indicator “performance machines” during the feasibility assessment of the actual scope of work machines in large time intervals leads to inaccurate results. The method of calculating the productive capacity of lifting transport machines was developed and proven that it depends on the length of time flux admission requirements and technical performance, which in turn caused by the action of various external and internal factors.

Keywords: performance, productive capacity, manipulator.

УДК 630*12 *Аспір. А.В. Руденко, проф. В.К. Заїка, д-р біол. наук – НЛТУ України*

МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ХВОЇ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В БОРАХ МАЛОГО ПОЛІССЯ

Вивчено морфолого-анатомічні показники хвої сосни звичайної в деревостанах різного віку сухих, свіжих, вологих, сирих і мокрих борів Малого Полісся. Встановлено, що морфолого-анатомічні показники хвої в деревостанах різного віку по-різному реагують на зміну вологості ґрунту. Спостерігається тенденція до зменшення морфологічних і окремих анатомічних показників зі збільшенням вологості ґрунту. Більшою мірою ці закономірності проявляються в пристигаючих і стиглих деревостанах.

Ключові слова. сосна звичайна, хвоя, морфолого-анатомічні показники, Мале Полісся.

Вступ. Внутривидова індивідуальна мінливість – одна з найбільш характерних ознак у живій природі. Вона значною мірою зумовлена генетичною неоднорідністю особин у межах конкретного виду. На неї також впливають вікові зміни і екологічні фактори. Якісні показники (колір, форма) більшою мірою визначаються спадковими структурами, які слабо змінюються під впливом зовнішніх факторів. Водночас, кількісні показники істотно залежать від умов середовища.

Сосна звичайна займає один з найбільших ареалів серед деревних порід. На півночі його межа досягає межі поширення деревної рослинності, а на півдні заходить в лісостепову і навіть степову зони. Сосна звичайна піднімається також високо в гори і росте, як на дуже бідних кам'янистих, так і на відносно багатих і багатих ґрунтах [13, 12]. В Україні соснові деревостани в основному поширені на Поліссі, меншою мірою і Лісостеповій зоні і в Карпатах [2]. Своєрідним осередком сосни звичайної є Мале Полісся, де вона є переважаючою деревною породою в різних типах лісорослинних умов. Бори в Малому Поліссі займають площу 3,2 %. [2] Особливо рідкісними тут є сухі, сирі і мокрі типи борів, в яких сформува-