

УДК 630*36

© Л.М. Дацюк, к.т.н.; М.В. Вржещ, к.т.н.; С.Ф. Юхимчук к.т.н.;
Т.Л. Дацюк
Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ КОМПОНУВАННЯ КОЛІСНИХ ЛІСОВИХ ХАРВЕСТЕРІВ

Подано аналіз технічних характеристик колісних лісових харвестерів провідних світових фірм-виробників і апроксимовано залежності взаємозв'язку їх параметрів. Вибрано параметри загального компонування харвестерів для роботи у лісових умовах експлуатації, а також сформовано експлуатаційні вимоги до них.

ЛІСОВИЙ ХАРВЕСТЕР, КОМПОНУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ЛІС, СТОВБУР, СОРТИМЕНТ.

Постановка проблеми. Важливим завданням лісових підприємств України є забезпечення безперервного і невиснажливого використання лісових ресурсів та задоволення потреб народного господарства у деревині за умови розширеного відтворення і поліпшення породного складу та якості лісів, а також підвищення їх продуктивності. Поряд із комплексом лісівничих заходів, одним із визначальних чинників вирішення цієї складної і надзвичайно актуальної проблеми є широке запровадження прогресивних екологоощадних технологічних процесів із використанням сучасних систем лісових машин [1-3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З літературного огляду встановлено проблеми, які впливають на ефективність ведення лісогосподарських і лісозаготівельних робіт [3, 5-7]: відсутність або дуже низька густина лісових доріг; традиційну стовбурну технологію витісняє сортиментна; на застосування технологічних процесів лісозаготівлі із застосуванням харвестерів впливає їх компонування. Тому дослідження, пов'язані із аналізом параметрів компонування колісних лісових харвестерів для застосування їх у технологічному процесі лісозаготівлі є актуальними.

Мета дослідження є встановлення на підставі аналізу технічних характеристик однотипних машин раціональних параметрів харвестера, здатного працювати у складних лісових умовах.

Результати дослідження. Аналіз параметрів компонування харвестерів [5-7], аналіз умов експлуатації, особливості конструкції, технічні характеристики та класифікація (рис. 1) уже існуючих харвестерів провідних світових фірм-виробників: Швеції, Фінляндії,

США, Словаччини, Словенії, Німеччини, Чехії, Польщі, Білорусі та України системно проаналізовано. В процесі аналізу з'ясовано, що базою понад 50% розглянутих машин є модифіковані колісні трактори потужністю 60-200 кВт. Харвестери оснащені гідроманіпуляторами з вантажним моментом 300-1300 кН·м; виліт стріли коливається в межах 6-10 м і обумовлюється технологічними особливостями роботи машини та довжиною сортиментів.

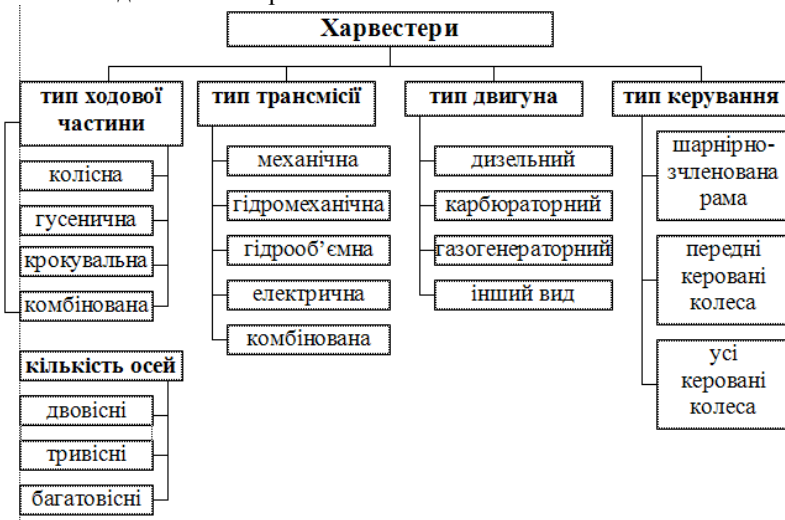


Рис. 1 – Класифікація харвестерів

Харвестер використовується на першій стадії заготівлі деревини. Він забезпечує звалювання (зрізування) дерева, обрізування гілок і розкрязування стовбура на сортименти потрібної довжини, формування (пакування) сортиментного лісоматеріалу. Зараз на ринку переважають однозахоплювальні харвестери: головка кріпиться до гідроманіпулятора. Кожен харвестер оснащено системою вимірювання та управління, що базується на сучасному комп'ютері, який стежить, щоб дерево розпилувалося на потрібні довжини, а також може визначати об'єми заготівлі. Усю інформацію в режимі реального часу можна відправляти на підприємство. Завдяки вартісній та розділювальній оцінці, GPS і т.п. можна отримати повну інформацію про продуктивність харвестера та його місцезнаходження. Відмінними особливостями харвестерів є достатній запас потужності, хороша прохідність і стійкість, відмінний огляд з кабіни оператора, висока міцність та витривалість.

Для оцінки експлуатаційних властивостей машин-аналогів та прийняття відповідних рішень щодо проєктованих машин проводять аналіз окремих показників.

Сьогодні у світі домінують дві тенденції у створенні лісових машин: енергетичним модулем для них використовується наявна модель сільськогосподарського чи промислового трактора або розробляється конструкція спеціальної машини, пристосованої до конкретних умов роботи в лісі. Перший напрям відрізняється нижчою собівартістю створених лісових машин, але й вищими витратами на їх експлуатацію. Спеціально спроектовані лісові машини є надійнішими і економічнішими в експлуатації, хоч їх початкова вартість є вищою.

Визначення структури робочих операцій проводять шляхом аналізу досліджень вибіркових рубок та заносять в допоміжну таблицю, за даними якої складають структуру робочих операцій (рис. 2). Відмінності можуть з'явитися в структурі робочих операцій за рахунок відмінності технологій і умов, в яких машина працює.

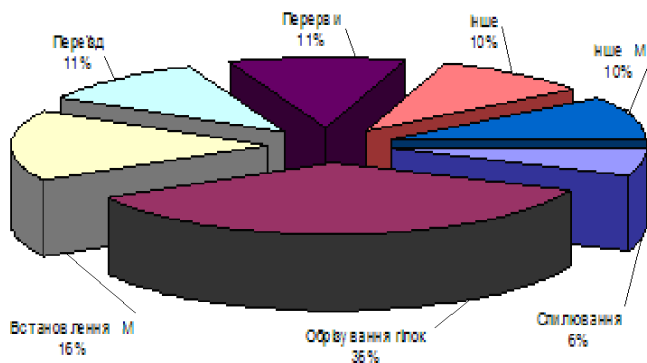


Рис. 2 – Структура робочих операцій харвестера: підготовка – 16%, перехізи – 11%, перерви – 11%, інше в сумі – 20%, спилювання – 6%, обрізування гілок – 36%

Робочі операції з обрізування гілок дерева завжди будуть займати найбільшу частку робочого часу зі всіх робочих операцій під час лісозаготівельних робіт, але порівняно з класичною монотрудовою технологією, вони, як і раніше, займають незначний відсоток. Частки інших робочих операцій будуть залежати від умов конкретних лісових посадок та інших чинників (технічний стан машини, оператор, економічний спосіб, тип заготівлі, інтенсивність

втручання, пора року, погодні умови тощо), які впливають на виробничий процес.

На стадії ескізного компоунування вибір параметрів проекрованої лісової машини доцільно здійснювати на підставі вагових і геометричних аналогій [7, 8]. З використанням запропонованого методу побудовано кореляційні залежності між головними енергетичними, геометричними і ваговими параметрами лісових машин. Для однотипних за конструкцією і призначенням машин спостерігаються досить чіткі залежності між власною масою машин та їх геометричними та енергетичними параметрами.

Для виконання цього завдання доцільно на підставі таблиць із технічними параметрами харвестерів, скласти допоміжну таблицю, за якою побудувати залежності між ваговими та геометричними параметрами однотипних машин. Побудовані за даними таблиць графічні залежності апроксимуються степеневими або лінійними виразами, дозволять із достатньою точністю визначати параметри харвестерів.

На підставі виконаних досліджень отримано залежності, які характеризують режим роботи харвестера: тривалість переїзду від відстані переїзду харвестера (рис. 3); тривалість зрізування від об'єму стовбура (рис. 4); тривалість обрізування гілок від об'єму стовбура (рис. 5). Залежності встановлені для різних комплектацій харвестерів.

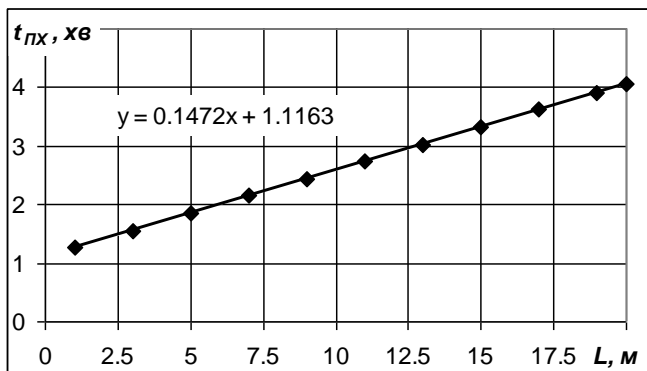


Рис. 3 – Залежність тривалості від відстані переїзду харвестерів

Для встановлення максимального об'єму стовбурів, які може зрізати харвестер відповідного класу і комплектації:

$$Q_{cm} = \frac{l \cdot \pi \cdot d_{max}^2}{4}, \quad (1)$$

де l – довжина (середньостатистична) зрізаних дерев; d_{max} – максимальний діаметр стовбура.

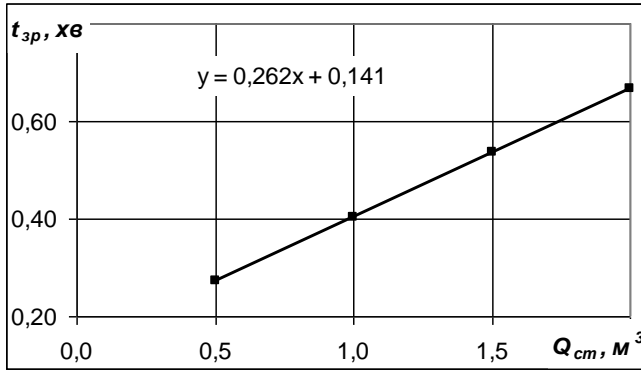


Рис. 4 – Залежність тривалості зрізування стовбура харвестеромт від об'єму

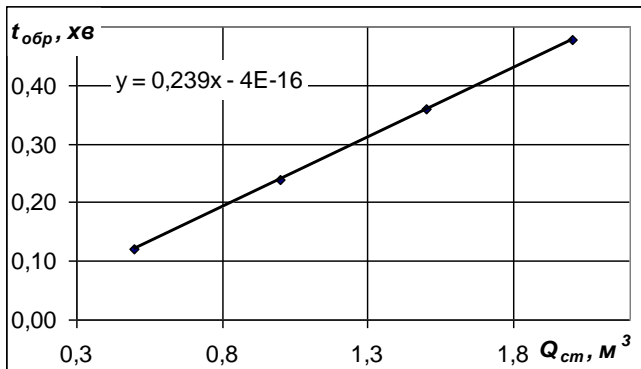


Рис. 5 – Залежність тривалості обрізування гілок харвестером від об'єму стовбура

Встановлено тісний зв'язок між часом переміщення харвестера і часом проходження відстані лісосікою під час роботи (рис. 3).

Переміщення за встановленими маршрутами в екстремальних умовах експлуатації практично неможливе. Тому машину оснащують протиковзальними ланцюгами на всіх чотирьох колесах. Можна сказати, що час переходу і на коротші відстані у таких машин трохи вищий, причому тут з'являється висока залежність між відстанню переміщення і часом, необхідним на перехід.

Взаємним встановленням кореляційних залежностей між тривалістю окремих робочих операцій і дендрометричними величинами, виявлено статистично важливу залежність між часом зрізування і часом обрізування гілок дерева до його об'єму.

З графіків (рис. 4, 5) видно, що значення коефіцієнта кореляції коливається на рівні $R = 0,8861$, що свідчить про тісну залежність. На діапазон значень в значній мірі впливає об'єм стовбура. Коефіцієнт детермінації коливається на рівні $R_2 = 0,79$, з чого випливає, що 79% залежного значення (тобто час спилування) є під впливом незалежного значення (тобто об'єм стовбура). Діапазон значень має логічну послідовність, це означає, що зі збільшенням об'єму збільшується значення часу спилування. Між часом обрізування гілок і об'ємом стовбурів існує певна залежність, що відчутна для значення коефіцієнта кореляції $R = 0,6886$. Вона трохи нижча, що пов'язано насамперед з тим, що зі зростанням об'єму стовбурів, зростає проблема з обрізуванням їх гілок та обробкою.

Річна продуктивність харвестера розраховується за формулою:

$$\Pi_p = \Pi_{зм} \cdot D_p \cdot k_{зм} \cdot k_m \cdot k_p, \quad (2)$$

де $\Pi_{зм}$ – змінна продуктивність машини, $m^3 / зм$; D_p – кількість робочих днів у році; $k_{зм}$ – коефіцієнт змінності; k_m – коефіцієнт технічної готовності; k_p – коефіцієнт, який враховує резерв справних машин.

Змінна продуктивність розраховується за формулою:

$$\Pi_{зм} = \frac{(t_{зм} \cdot t_{нз} \cdot t_{орз}) \cdot Q_{см}}{t_{ц}}, \quad (3)$$

де $t_{зм}$ – тривалість зміни ($t_{зм} = 480$ хв.); $t_{нз}$ – час підготівельно-заклучних робіт; $t_{орз}$ – час організаційних та технологічних простоїв; $Q_{см}$ – об'єм зрізаного стовбура, m^3 ; $t_{ц}$ – тривалість циклу, хв.

Тривалість циклу зрізування дерева розраховується за формулою:

$$t_{ц} = t_{вст} \cdot t_{зр} \cdot t_{обр} \cdot t_{пер}, \quad (4)$$

де $t_{вст}$ – час на встановлення гідроманіпулятора з головою перед зрізуванням, хв; $t_{зр}$ – тривалість зрізування дерева, хв; $t_{обр}$ – тривалість обрізування гілок з дерева, хв; $t_{пер}$ – час на переміщення машини до наступного дерева, хв.

Перелічені тривалості виконання технологічних робіт мають між собою тісний взаємозв'язок. Цей взаємозв'язок окреслено у структурі робочих операцій харвестера (рис. 2) та рівняннями, поданими на рис. 4, 5.

Нестабільні виробничі та природні умови змушують застосовувати нові методи і способи, як ефективно реагувати і забезпечувати реалізацію заготівлі деревини у складних умовах. Тому харвестери з комбінованим колісним шасі в комбінації з іншими механізмами є перспективними машинами для створення так званих комбінованих технологій.

Висновок. На підставі аналізу літературних та електронних джерел інформації подано технічні характеристики харвестерів провідних зарубіжних виробників, встановлено типи, класифікацію та вимоги до них, а також вибрано методику розрахунку геометричних і вагових характеристик. Це дозволило виконати аналіз основних параметрів харвестерів з колісною формою 4×4, 6×6, 8×8.

Аналізуючи результати отриманих даних запропоновано такі параметри для харвестерів:

- з колісною формою 4×4: потужність двигуна $N_{e\max} = 100$ кВт, власна маса $m = 12$ т, тягова сила $P = 100$ кН, довжина $L = 5,0$ м, ширина $B = 2,62$ м, висота $H = 3,9$ м, дорожній просвіт (кліренс) $h = 0,61$ м;
- з колісною формою 6×6: потужність двигуна $N_{e\max} = 160$ кВт, власна маса $m = 18$ т, тягова сила $P = 160$ кН, довжина $L = 8,5$ м, ширина $B = 3,0$ м, висота $H = 3,9$ м, дорожній просвіт (кліренс) $h = 0,60$ м;
- з колісною формою 8×8: потужність двигуна $N_{e\max} = 200$ кВт, власна маса $m = 20$ т, тягова сила $P = 190$ кН, довжина $L = 8,5$ м, ширина $B = 3,0$ м, висота $H = 3,8$ м, дорожній просвіт (кліренс) $h = 0,65$ м;

Виконано аналіз структури робочих операцій харвестерів, встановлено залежності тривалості переїзду від відстані переїзду, тривалість зрізування від об'єму стовбура та тривалість обрізування гілок від об'єму стовбура для харвестерів різних комплектацій (4×4, 6×6, 8×8).

Для означених харвестерів встановлено залежності змінних та річних значень продуктивності від об'єму зрізаного стовбура залежно від їх параметрів.

Запропонований варіант аналізу параметрів харвестера може бути використаний як для конструкторсько-технологічного обґрунтування під час розроблення перспективних моделей так і для серійних.

Література

1. Анисимов Г.М. и др. Лесные машины. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 512 с.
2. Система машин в лесном хозяйстве: Учебник для вузов / В.Н. Винокуров, Н.В. Еремин; Под ред. В.Н. Винокурова. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 320 с.
3. І. М. Зима, Т. Т. Малюгін. Механізація лісгосподарських робіт.: Підручник. – 4-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма “ІНКОС”, 2006. – 488 с.
4. Жуков А.В. Теория лесных машин. – Мн.: БГТУ, 2001. – 640 с.
5. Білик Б.В. Проектування самохідних лісових машин. – К.: ІЗМН, 1998. – 140 с.
6. Білик Б.В., Адамовський М.Г. Проектування самохідних лісових машин: Вибір параметрів, компонування і тяговий розрахунок. – Львів: ЗУКЦ, 2004. – 160 с.
7. Библиук Н.І., Стиранівський О.А., Борис М.М., Герис М.І. Аналіз динамічних процесів і обґрунтування параметрів загальної компоновки колісних тракторних агрегатів// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1994. – Вип. 1. – 39–42. с.
8. Орлов С.Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 271 с.
9. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
10. Немцов В.П., Шестаков Б.А. Справочник механика лесозаготовительного предприятия. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 480 с.

Рецензент д.т.н., проф. М.П. Ярошевич.