

11. Передерій Н.О. Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.03 – "Економіка та управління національним господарством" / Н.О. Передерій. – К., 2009. – 19 с.

12. Програма по організації виробництва та використання місцевих поновлювальних видів палива. – К., 2009. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.govuadocs.com.ua>.

13. Уголев Б.Н. Испытания древесины и древесных материалов / Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1965. – 251 с.

14. Biomass Energy – Focus on Wood Waste. Energy Efficiency and renewable Energy. – U.S. Department of Energy, July 2004. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/bamf\\_woodwaste.pdf](http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/bamf_woodwaste.pdf).

**Юськевич Т.В., Данчевская О.В. Теплотворная способность древесины, коры, хвои и шишек интродуцированных видов сосны**

Наведены показатели массовой теплотворной способности древесины, коры, хвои и шишек интродуцированных видов сосны (сосны Банкса, сосны Веймутова, сосны жесткой, сосны чёрной), которые произрастают в лесных насаждениях Западного региона Украины. Установлено, что наивысшей теплотворной способностью обладают шишки с деревьев сосны Веймутова, а также коры и хвои с деревьев сосны Банкса.

**Ключевые слова:** интродуцированные виды сосны, теплотворная способность, древесина, кора, хвоя, шишки.

**Yuskevych T.V., Danchevska O.V. Calorific value of wood, bark, needles and cones of introduced species of pine**

In the article sight calorific value of wood, bark, needles and cones of introduced species of pine (jack pine, white pine, pitch pine, austrian pine) at conditions of Western Ukraine. Found that the highest calorific value of cones of white pine and the bark and needles of jack pine.

**Keywords:** introduced species of pine, calorific value, wood, bark, needles, cones.

УДК 621.86.063 Доц. Б.Я. Бакай, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

**ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ РОЗРОБЛЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАХОПЛЮВАННЯ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ ГРЕЙФЕРОМ МОБІЛЬНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Розглянуто і досліджено процес захоплення круглих лісоматеріалів грейфером мобільної навантажувальної машини. Представлено навантаження, яке виникає у грейфері під час захоплення круглих лісоматеріалів. Підтверджено перспективність моделювання стержневої системи з зосередженими вклученнями в розподілену масу, утворену круглими лісоматеріалами, застосовуючи імпульсні функції 1-4 порядків.

**Ключові слова:** грейфер, круглі лісоматеріали, навантажувальна машина.

**Вступ.** Одним із важливих напрямів підвищення рівня механізації і впровадження ресурсозбереження на лісових складах є підвищення ефективності виконання розвантажувальних, сортувальних, штабелювальних і відвантажувальних робіт, а також подачі круглих лісоматеріалів на спеціалізовані поточкові лінії, які формують весь комплекс транспортно-складських та розвантажувально-навантажувальних робіт [1, 2].

Підвищення ефективності виконання транспортно-складських та розвантажувально-навантажувальних робіт дає змогу вирішити цілий комплекс господарських задач: підвищити рівень механізації лісоскладських робіт до 100 %, підвищити статичне навантаження на вагон на 11-17 %, скоротити час

простоїв вагонів на навантажувальних і розвантажувальних пунктах, підвищити продуктивність праці на навантаженні та штабелюванні в 1,5-2,3 рази, скоротити наднормативні запаси деревини на складі в 1,5-2 рази, зменшити площу нижніх складів, звести до мінімуму виробничий травматизм тощо.

Незважаючи на очевидні переваги, гідроманіпулятори [3, 4], обладнані грейферними захоплювачами (рис. 1), під час виконання підйнятно-транспортних операцій (ПТО) на цей час практично не використовують на лісових складах з малим вантажообігом. Використання існуючих маніпуляторів супроводжується виникненням труднощів під час захоплення круглих лісоматеріалів грейфером, встановленим на маніпуляторах мобільних навантажувальних машин.

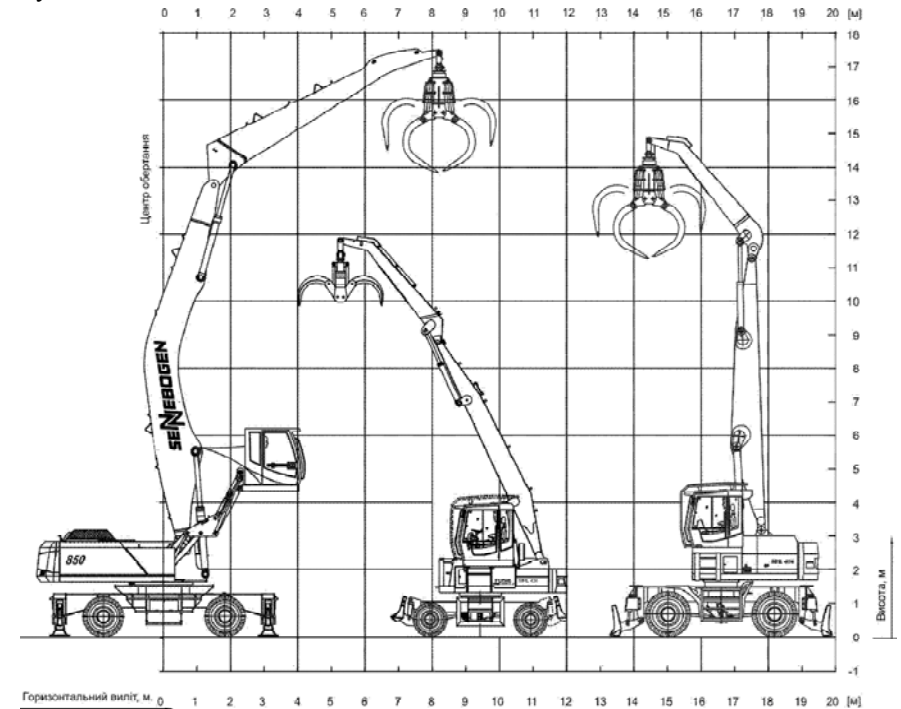


Рис. 1. Розмірні співвідношення машин SENNEBOGEN 850, FUCHS MHL 454, FUCHS MHL 434 і FUCHS MHL 464.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На основі власних досліджень Б.А. Таубер запропонував методіку проектного і перевірного розрахунку грейфера, яка враховує вплив численних факторів на здатність стискаючого зусилля важелів грейфера [5]. Пізніше Р.Л. Зенков розробив графічно-аналітичний метод розрахунку грейферів, в якому основну увагу приділено визначенню здатності зачерпування. Ці методи отримали подальший розвиток і уточнення в роботах А.М. Ясіновського, А.Б. Філякова, Г.Г. Каракуліна та інших.

Питання взаємодії круглих лісоматеріалів з важелями грейферного захоплювача мобільних навантажувальних машин та між собою досліджено в роботах В.Г. Височанського [6], Н.Т. Гончаренка [4], В.І. Ігнатова [7], В.Е. Ігутова, Ю.О. Котельнікова, С.Д. Парамонова [6], Ю.А. Потехіна, Б.А. Таубера [5], С.К. Теслюка, Н.Д. Третьякова [8], С.Н. Усова, J. Wang [9] та інших, опубліковані в різний час у вітчизняній та зарубіжній літературі.

Дослідження механізмів грейферів останніми роками дало змогу уточнити конструктивні розрахунки грейфера, оптимізувати його параметри, що дозволило вести їх розроблення на рівні автоматизованого проектування [5]. Незважаючи на велику кількість теоретичних і експериментальних досліджень, сучасні методи розрахунку механізмів грейферів залишаються певною мірою наближеними, а можливості технічного прогресу в галузі підйомно-транспортного машинобудування далеко не вичерпані.

Роботи з дослідження механізмів грейферів виконували в двох основних напрямках: з дослідження процесу заповнення грейфера (кривої зачерпування, характеру руху вантажу і опорів, що виникають під час зачерпування); з дослідження факторів (в основному конструктивних), які впливають на здатність зачерпування грейфера.

Дані численних експериментальних досліджень показують, що характер процесу заповнення грейфера різними вантажами визначається, з одного боку, параметрами самого грейфера (його вагою, формою і шириною важелів, величиною їх розкриття тощо), а з іншого боку – комплексом фізико-механічних властивостей вантажу (коефіцієнтами внутрішнього і зовнішнього тертя, зчепленням вантажу, кусковатістю тощо) і характером виконання процесу захоплення (швидкістю захоплення тощо).

**Постановка задачі.** Під час дослідження процесу захоплення колод грейфером виявлено утворення "балки" як супутнього при цьому негативного процесу (рис. 2) [5].

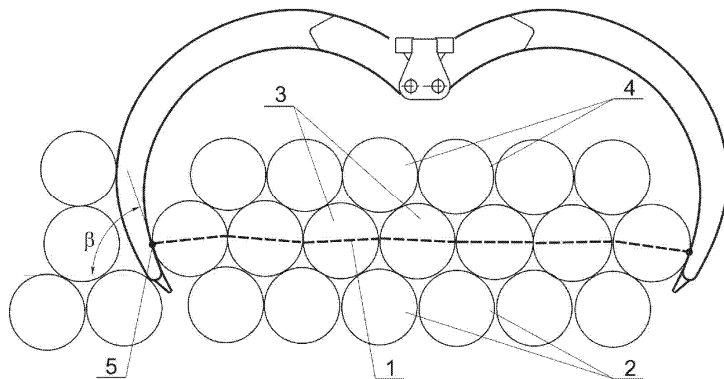


Рис. 2. Схема утворення "балки": 1) "балка"; 2) сортименти нижніх рядів; 3) сортименти, які утворюють "балку"; 4) сортименти верхніх рядів; 5) точка контакту важеля і колоди, що утворюють "балку"

Грейфер заглиблюється в штабель на певну глибину, потім під дією зусиль гідроприводу здійснює поворот важелів і незначне вертикальне переміщення їх вниз. Як наслідок, відбувається переміщення колод – вони спочатку переміщуються в зони найменших опорів як в середині контуру грейфера, так і поза ним.

Розпірні "балки" утворюються у поперечному перетині пакету колод між внутрішніми стінками важелів грейфера. Найчастіше вони утворюються на початку процесу формування, коли положення важелів грейфера близьке до максимального розкриття грейферного захоплювача, а напрям зусиль, що передаються важелями на крайні колоди, близький до горизонтального. Виникнення таких "балок" миттєво спричиняє зростання опору стисненню пакету колод.

Розглянемо "балку" як ряд круглих лісоматеріалів однакового діаметра  $d_{cp}$ , що знаходяться на горизонтальній основі і стискаються горизонтальними силами  $N$ . Довжина "балки"  $L$  формується кількістю колод  $n$ , розміщених в ряд  $L = nd_{cp}$ . Кожна колода "балки"  $n_2..n_{n-1}$  перебуває по своїй утворюючій в безпосередньому контакті з п'ятьма колодами за всією довжиною.

Складові подовжнього зусилля позначимо  $N_{кр}$ . Критична сила  $N_{кр}$  – це сила, яка необхідна для руйнування "балки" шляхом виштовхування однієї з колод, з яких утворена "балка". Навантаження, яке виникає в "балці", представимо як: сили  $N$  дії важелів грейферного захоплювача; розподілене навантаження  $q_{кол}$  від дії колод, розташованих над колодами, які утворюють "балку"; реакцію опор  $K_{оп}$ , на яких розташовані колоди "балки".

**Виклад основного матеріалу.** Для розуміння справи розглянемо "балку" під дією зосереджених сил і моментів по координаті  $x$  в точках  $s_1, s_2$ , (рис. 3).

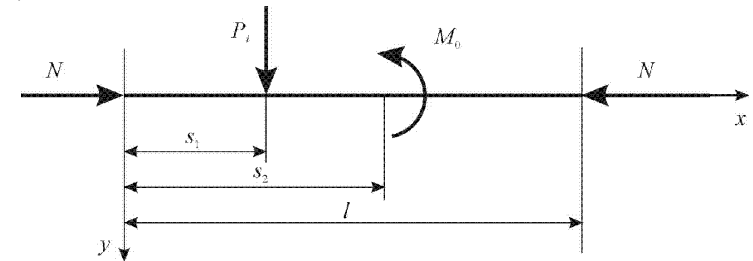


Рис. 3. Довільне навантаження на "балку"

Відомо, що дію рівнодійної рівномірно розподіленого на проміжку довжиною  $h$  від  $s = \bar{s}_1$  до  $s = \bar{s}_1 + h$  навантаження за  $h \rightarrow 0$  можна замінити  $\delta$ -подібною послідовністю. А клас еквівалентних  $\delta$ -подібних послідовностей визначає сингулярну узагальнену функцію  $\delta(x) = \sigma_1(x)$ . Інтенсивність навантаження під час дії зосередженої сили в точці  $s = s_1$  є запізнюючою сингулярною узагальненою функцією  $\sigma_1(x - s_1)$ . Якщо в точці  $x = s_1$  прикладена сила  $P$ , то інтенсивність навантаження  $q(x) = P\sigma_1(x - s_1)$ . Аналітичний вираз інтен-

сивності  $q(x)$  навантаження під час дії зосередженого моменту  $q(x) = M_0\sigma_2(x - s_2)$ , де  $\sigma_2$  – друга похідна від функції Хевісайда.

Нехай до "балки" прикладено силу  $P_i$  і момент  $M_0$  (див. рис. 3).

1. Отже інтенсивність довільного навантаження, прикладеного в точці  $x = x_i$ , аналітично можна виразити за допомогою сингулярних узагальнених функцій. Іntenсивність навантаження, зображеного на рис. 3, можна виразити

$$q_2 = P\sigma_1(x - s_1) + M_0\sigma_2(x - s_2), \quad (1)$$

$$\sigma_1(x - s_1) = [\sigma_0(x - s)]'_x, \quad (2)$$

$$\sigma_2(x - s_1) = [\sigma_0(x - s)]''_x, \quad (3)$$

де  $\sigma_0(x - s)$  – функція Хевісайда

$$\sigma_0(x - s) = \begin{cases} 0 & x < s \\ 1 & x \geq s \end{cases}. \quad (4)$$

2. Згинальний момент у довільній точці "балки" можна виразити через жорсткість  $EI$  і другу похідну від нормального до осі "балки" переміщення  $v(x)$  формулою  $M(x) = -EIv''(x)$ , де  $v(x)$  – переміщення в точці  $x$ .

Диференціальне рівняння пружної лінії "балки"

$$EIv'' = -M_N - M_P, \quad (5)$$

де  $M_N, M_P$  – згинальні моменти від стискуючої сили  $N$  і сили  $P$ .  $M_N = Nv$ , тому

$$EIv'' = -Nv - M_P, \quad (6)$$

Продиференціюємо рівняння (5) двічі, отримаємо

$$EIv^{IV} = -Nv'' + q(x), \quad (7)$$

де  $q(x) = P\sigma_1(x - s_1)$ .

При дії  $n$  зосереджених в точках з абсцисами  $s_1, s_1, \dots, s_n$  сил і моментів отримаємо

$$v^{IV} + K^2v'' = \frac{K^2}{N} \left[ \sum_{i=1}^n P_i\sigma_1(x - s_i) + \sum_{j=1}^n M_j\sigma_2(x - s_j) \right], \quad (8)$$

де  $K^2 = \frac{N}{EI}$ .

Отримано рівняння згину "балки" під час дії стискуючої сили  $N$ , згинальних сил  $P_j$ , прикладених за  $x = s_1$ , і моментів  $M_j$ , зосереджених у точках  $s_j$ .

**Висновки.** Теоретичні дослідження процесів захоплення круглих лісоматеріалів грейфером мобільної навантажувальної машини, виконані методами аналітичної математики, дають змогу зробити такі висновки:

1. Результати проведених теоретичних досліджень підтверджують перспективність моделювання стержневої системи зі зосередженими включеннями в розподілену масу, утворену круглими лісоматеріалами, застосовуючи імпульсні функції 1-4 порядків.

2. Розв'язок таких функцій має єдиний аналітичний вираз у всій області зміни аргументу і виражається тільки через початкові параметри і деякі функції впливу.
3. На підставі проведених досліджень вперше запропоновано фізична модель та аналітичний спосіб розрахунку необхідного зусилля стискання важелів грейфера, що враховує змінні властивості середовища штабеля круглих лісоматеріалів.

### Література

1. Гончаренко Н.Т. Краны в лесной промышленности / Н.Т. Гончаренко. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1987. – 272 с.
2. Гороховский К.Ф. Технология и машины лесосечных и лесоскладских работ / К.Ф. Гороховский, В.П. Калиновский, Н.В. Лившиц. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1991. – 384 с.
3. Бакай Б.Я. Гидроманипулятор как незаменимый элемент производственного процесса / Б.Я. Бакай // Оборудование и инструмент для профессионалов. – Харьков : ЧФ ЦентрИнформ. – 2005. – Вып. 12 (71). – С. 46-52.
4. Гончаренко Н.Т. Зарубежные манипуляторы для лесной промышленности : обзор. – Сер.: Лесозексплуатация / Н.Т. Гончаренко, Б.Г. Виногоров. – М. : ВНИПИЭИ-леспром, 1978. – 48 с.
5. Таубер Б.А. Грейферные механизмы / Б.А. Таубер. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1985. – 272 с.
6. Парамонов С.Д. Силы сопротивления при зачерпывании грейфером пачки круглых лесоматериалов / С.Д. Парамонов, В.Г. Височанський // Перспективные технологические процессы и системы машин на нижних склад : труды. – Химки : Изд-во ЦНИИМЭ. – 1976. – Вып. 106. – С. 149-154.
7. Игнатов В.И. К вопросу о сопротивлении штабеля сдвигу / В.И. Игнатов // Механизация и автоматизация работ на нижнем складе : труды. – Химки : Изд-во ЦНИИМЭ. – 1968. – Вып. 94. – С. 156-160.
8. Третьяков Н.Д. Обоснование параметров пачкового захвата / Н.Д. Третьяков // Исследования лесопромышленных тракторов : труды. – Химки : Изд-во ЦНИИМЭ. – 1982. – Вып. 124. – С. 126-130.
9. Wang J. Effects of Tong Shapes on Hydraulic Log Grapple's Performance in Loading and Unloading Operations / Jingxin Wang // International Journal of Forest Engineering: Forest Products Society. – Madison, WI, USA, January. – 2003. – Vol. 14, No. 1. – Pp. 59-66.

### **Бакай Б.Я. Основные принципы разработки аналитической модели процесса захвата лесоматериалов грейфером мобильной погрузочной машины**

Рассмотрен и исследован процесс захвата круглых лесоматериалов грейфером мобильной погрузочной машины. Представлена нагрузка, которая возникает в грейфере при захвате круглых лесоматериалов. Подтверждена перспективность моделирования стержневой системы с сосредоточенными включениями в распределенную массу, образованную круглыми лесоматериалами, применяя импульсные функции 1-4 порядков.

**Ключевые слова:** грейфер, круглые лесоматериалы, погрузочная машина.

### **Bakay B. Ya. Basic principles creating of the analytical model of the capture timber grab mobile loading machine.**

Viewed and investigated the capture of round timber grapple mobile loading machine. Presented load that occurs during capture round timber grapple. Confirmed the promise of modeling the core system with lumped mass distribution inclusions formed roundwood using impulse function 1-4 orders of magnitude.

**Keywords:** timber-loading grapple, round timber, loader.