

5. Sze K.Y. The incremental harmonic balance method for nonlinear vibration of axially moving beams / K.Y. Sze, S.H. Chen, J.L. Huang // Journal of Sound and Vibration. – 2005. – Vol. 281. – P. 611-626.

6. Сокіл М.Б. Згинні коливання гнучких елементів систем приводів і структура розв'язку їх математичних моделей / М.Б. Сокіл // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 141-147.

7. Дешевой М.А. Механическая технология дерева. – Ч. 2. Орудия и инструменты для обработки дерева / М.А. Дешевой. – Л.-М. : Изд-во ОНТИ, 1936. – 429 с.

8. Дзюба Л.Ф. Сила натягу у вітках стрічкової пилки під час розпилування деревини / Л.Ф. Дзюба, І.Т. Ребезнюк, О.В. Меньшикова // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.7. – С. 89-94.

9. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М. : Изд-во "Наука", 1974. – 501 с.

10. Найфе А.Х. Методы возмущений / А.Х. Найфе. – М. : Изд-во "Мир", 1976. – 456 с.

11. Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков. – М. : Изд-во "Наука", 1965. – 560 с.

12. Василенко Н.В. Теория колебаний / Н.В. Василенко. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1992. – 430 с.

Дзюба Л.Ф., Хытряк О.И., Ребезнюк И.Т. Поперечные колебания полотна ленточной пилы

Исследованы поперечные колебания полотна ленточной пилы. Нелинейное дифференциальное уравнение поперечных колебаний решено методом Бубнова-Галёркина с использованием основных идей методов возмущений. Получены амплитудно-частотные характеристики участков полотна ленточной пилы.

Ключевые слова: ленточная пила, сила натяжения, скорость, амплитудно-частотная характеристика.

Dzjuba L.F., Khytriak O.I., Rebeznyuk I.T. The transverse oscillation of blade of band saw

In this article we researched the transverse vibrations of blade of band saw. We solved the Nonlinear differential equation of transverse vibrations by Bubnov-Galerkin method, using the basic idea of perturbation methods. We received the amplitude-frequency plots conditions of blade of band saw.

Keywords: band saw, power tension, speed, amplitude-frequency characteristic.

УДК 574(477)

Доц. В.В. Гомонай, канд. техн. наук; ст. викл.

М.В. Гомонай-Стрижко, канд. екон. наук – НЛТУ України, м. Львів

МОЖЛИВОСТІ БЕЗПЕЧНОЇ ЗАГОТІВЛІ ТА ПЕРЕРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ НА ЗАБРУДНЕНІЙ ТЕРИТОРІЇ РАДІОАКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Розглянуто можливості безпечної заготовки та перероблення деревини на забрудненій території радіоактивними елементами із застосуванням сучасних технологій та машин, що можуть виконувати таку роботу.

Ключові слова: забруднена деревина радіоактивними елементами, заготовка і переробка, технології і машини.

У лісових масивах, що зазнали радіаційного впливу внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, нагромадилось більше радіоактивних елементів, ніж на відкритих площах. Під радіоактивне забруднення потрапило близько 3,5 млн га лісів, із яких 157 тис. га виведено з господарського обігу внаслідок високих рівнів радіоактивного забруднення цезієм-137 (понад 15 Кі/Км²). Із

загальної площі забруднених лісів 39 % мають щільність забруднення цезієм-137 понад 1 Кі/Км² [1]. Це, своєю чергою, визначило ліси як "критичну територію" з огляду можливих радіаційних дозових навантажень від перебування у них людини або від використання продукції лісового господарства. Радіоактивні елементи у таких лісах характеризуються значною міграційною здатністю та подальшим їх нагромадженням.

Особливу екологічну небезпеку забруднені ліси становлять в пожежо-небезпечний період. У разі виникнення пожежі можливе повторне перенесення радіонуклідів з димом, газами на населені пункти, що розташовані поза відселеними територіями. Тому у таких лісах необхідно вести належне лісокористування, з проведенням протипожежних рубок і доглядових рубань, безпечних для людини.

Станом на 2008 р., в умовах радіоактивного забруднення господарську діяльність здійснювали 52 лісогосподарських підприємства із загальною чисельністю 26 тис. осіб (третина працюючих у галузі). На додаткові заходи, зумовлені Чорнобильською катастрофою, підприємства забрудненої зони за 2006-2008 рр. витратили 31,6 млн грн, а з державного бюджету за розділом "Ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення" МНС за згаданий період профінансувало лише 1,04 млн грн [2].

Радіоактивне забруднення території лісів призвело до зміни способу життя людей, діяльність яких була безпосередньо пов'язана з лісом. У зв'язку з необхідністю фінансування додаткових робіт, пов'язаних зі забезпеченням радіаційної безпеки працівників і забезпеченням виробництва чистої продукції, фінансові витрати лісогосподарських підприємств щорічно зростають, а самим підприємствам доводиться максимально мобілізувати власні ресурси і спрямовувати їх на вирішення проблем. Прямі збитки, яких зазнали лісогосподарські підприємства внаслідок радіоактивного забруднення, станом на 31.12.1986 р. оцінювались у 65 млн дол. США, а щорічні збитки через скорочення обсягів лісозаготівель та побічного користування лісом становлять 7,15 млн дол. США [2].

В умовах радіоактивного забруднення вагомою перешкодою для ефективного ведення лісового господарства є законодавча неврегульованість низки питань. Зокрема, повна заборона лісогосподарської діяльності у лісах за щільності забруднення ґрунту 137Cs вище 15 Кі/км², яка міститься в Законі "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи", не дає змоги проводити вкрай необхідні лісогосподарські заходи для підтримання екологічної стабільності лісових екосистем (наприклад рубки догляду в молодняках; санітарні рубки) та господарське облаштування забрудненої території (будівництво доріг і мостів, пожежних водойм, розрубка кварталних просік, вирубка підросту під лініями електропередач тощо).

Отже, особливо актуальним постає питання внесення відповідних змін у згаданий вище Закон та відновлення господарської діяльності на лісових площах, уражених аварійними викидами на ЧАЕС, які у разі потреби давали б змогу диференційовано здійснювати лісогосподарську діяльність за спеці-

альними регламентами, незалежно від зони радіоактивного забруднення, як це зроблено в Росії та Білорусі. Допустимі рівні вмісту цезію-137 та стронцію-90 у деревині у цих країнах наведено в табл., які дають змогу виконувати певні лісгосподарські роботи, за умов дотримання всіх вимог радіаційної безпеки [6].

Табл. Допустимі рівні вмісту цезію та стронцію в деревині

Лісоматеріал	Допустимі рівні забруднення, кБк/кг, (Ки/кг)	
	Цезій-137	Стронцій-90
Деревина на корені для промислового призначення (лісоматеріали круглі необкоровані)	11,1 ($3 \cdot 10^{-7}$)	5,2 ($1,4 \cdot 10^{-7}$)
Лісоматеріали круглі обкоровані	3,1 ($8,5 \cdot 10^{-8}$)	2,3 ($6,2 \cdot 10^{-8}$)
Деревина для палива	1,4 ($4,0 \cdot 10^{-8}$)	0,37 ($1 \cdot 10^{-7}$)

Також, якщо розглянути уражене радіоактивними елементами дерево як об'єкт заготівлі, то найменше забруднення спостерігається у верхньому деревному ярусі, а найбільше – у живому надґрунтовому покриві та нижній частині дерева. Деревна маса у дереві розміщена таким чином: верхівка – 5%; крона – (10-15)%; стовбур – (60-65)%; пень і коріння – (10-13)% (рис.). Отже, ті частини дерева, які мають допустимі рівні забруднення (верхній та середній яруси), можуть значно збільшити об'єми його заготівлі та перероблення.

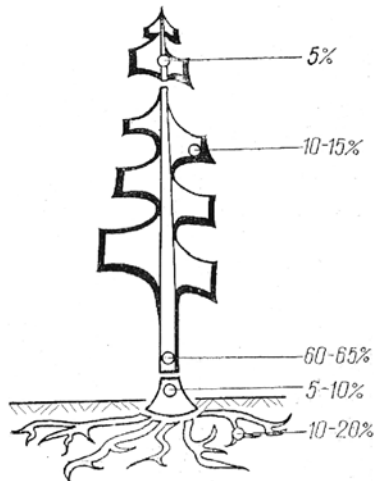


Рис. Обсяги розподілу деревної маси дерева

Таким чином, загальною вимогою до проведення лісозаготівлі у забруднених лісонасадженнях є отримання чистої від радіоактивних елементів продукції та створення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу. Найбільш безпечним способом використання ураженої деревини є заготівля і переробка її на лісосіці з вивезенням чистої продукції за повної механізації праці. Повна механізація праці можлива у двох напрямках: створення багатофункціональних агрегатних машин або роботів і модернізація існуючої техніки.

Створення багатофункціональних агрегатів, які виконували б звалювання дерев, трелювання, зрізання гілок і кряжування з подальшим обкорю-

ванням сортиментів на забрудненій території малоефективно та небезпечно, оскільки агрегат і оператор знаходиться тривалий час на забрудненій території, а операція обкорювання не дає можливості видалити забруднений шар необхідної товщини. Більш ефективним напрямом є модернізація лісових машин, що випускаються. Наприклад, можуть бути використані такі лісосічні машини, як: звалювально-пакувальні, звалювально-трелювальні, гілкорізно-кряжувальні. Для зняття забрудненого шару необхідної товщини можна використати:

- а) мобільний міні-завод для перероблення "крупномірної" сировини діаметром від 14 см до 75 см і довжиною від 3,5 до 7,5 м;
- б) пересувну фрезерно-пилну установку для маломірної сировини діаметром від 8 см до 14 см і довжиною від 3 до 6 м.

Забруднені лісосічні відходи можна подрібнювати на дробленку у пересувних подрібнювальних машинах на базі колісного та гусеничного тракторів. На мобільних міні-заводах знімається забруднений шар деревини, який теж подрібнюється на деревну масу. Забруднену подрібнену деревну масу можна: а) спалювати у спеціальних котлах; б) захоронувати; в) збирати в спеціальні контейнери і вивозити на заводи з утилізації таких відходів. Чисту продукцію вивозять лісовозними автомобілями обладнаними гідроманіпуляторами.

На сьогодні зазначені вище агрегати, захищені низкою патентів, пройшли виробничі випробування і використовуються на багатьох підприємствах лісового комплексу. Однак для впровадження машин на забруднених територіях потрібна спеціальна їх підготовка з урахуванням створення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу та виконання дезактиваційних робіт.

Висновки. Отже, для відновлення можливостей лісокористування та забезпечення заготівлі і перероблення деревини на забруднених радіоактивними елементами територіях внаслідок аварійних викидів на Чорнобильській АЕС безпечними для людини та запобігання вторинному забрудненню територій внаслідок лісових пожеж, а також екологічного оздоровлення територій необхідно:

1. Законодавчо врегулювати та спростити низку питань щодо відновлення лісгосподарської діяльності у лісах для підтримання екологічної стабільності лісових екосистем та господарського облаштування забруднених територій;
2. Відновити проведення лісозаготівлі у забруднених лісонасадженнях з отриманням чистої від радіоактивних елементів продукції та створення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу завдяки модернізації машин та повній механізації праці.

Література

1. Ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення. Державне агентство лісових ресурсів України. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article;jsessionid=BD76CAE709BF1D06D8ECC6177BBB320E?art_id=33005&cat_id=32885.
2. Ландін В. Актуальні проблеми лісової радіології / В. Ландін, В. Краснов, О. Орлов // Лісовий і мисливський журнал. – 2009. – № 2. – С. 6-8.

3. Технология и проектирование лесных складов : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / А.К. Редькин и др. – М. : Изд-во "Экология", 1991. – 288 с.
4. Гомонай М.В. Технология переработки древесины : учебн. пособ. / М.В. Гомонай. – М. : Изд-во МГУЛ, 2007. – 232 с.
5. Гомонай М.В. Древесное биотопливо: брикеты и гранулы : практ. пособ. – М. : Изд-во "Рамтип", 2007. – 90 с.
6. Краснов В.П. Прикладная радиоэкология леса : монография / В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун, В.П. Ландин, З.М. Шелест. – Житомир : Изд-во "Полисся", 2007. – 680 с.

Гомонай В.В., Гомонай-Стрижко М.В. Возможности безопасной заготовки и переработки древесины на загрязненной территории радиоактивными элементами

Рассмотрены возможности безопасной заготовки и переработки древесины на загрязненной территории радиоактивными элементами с применением современных технологий и машин, которые могут выполнять такую работу.

Ключевые слова: загрязненная древесина радиоактивными элементами, заготовка и переработка, технологии и машины.

Gomonay V.V., Gomonay-Stryzhko M.V. The possibilities of safety harvesting and processing of wood in the radioactive-contaminated area

Considered here are the possibilities of wood in the radioactive-contaminated area by means of modern technologies and machinery that is capable of performing such work.

Keywords: radioactive-contaminated, harvesting and processing, technologies and machinery.

УДК 536.+553.98

Аспір. О.Ю. Берлінг¹ – НУ "Львівська політехніка"

**ВПЛИВ ТИСКУ, ТЕМПЕРАТУРИ ТА КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ
МЕТАНУ В ТРАНСПОРТОВАНОМУ ГАЗІ НА РЕЖИМ РОБОТИ
ТУРБОДЕТАНДЕРНОЇ УСТАНОВКИ**

Показано вплив термодинамічних характеристик природного газу на режим роботи турбодетандерної установки. Під час здійснення розрахунків щодо визначення роботи турбодетандера з ідеального газу запропоновано враховувати похибку щодо вмісту частки метану в транспортваному газі. Отримано графічні залежності.

Ключові слова: робота турбодетандерної установки, показник адіабати, питомо теплоємність.

Постановка проблеми. На сьогодні економія паливно-енергетичних ресурсів є одним із важливих напрямів переведення економіки на шлях інтенсивного розвитку і раціонального природокористування. Енергозбереження – це проблема, вирішувати яку необхідно в будь-якій країні. Значну економію паливно-енергетичних ресурсів можна здійснити на етапі їх споживання. Як відомо, близько 70 % загального потенціалу енергозбереження країни мають змогу здійснювати споживачі енергії і тільки 30 % – виробники [1, 2]. У цій ситуації потрібно шукати також й інші, нетрадиційні методи, застосування яких дасть змогу істотно підвищити техніко-економічні показники роботи енергетичного обладнання без значних збільшень капіталовкладень. Одним із пріоритетних напрямів економії енергії на підприємствах газотранспортної

галузі є застосування турбодетандерних установок (ТДУ) для отримання електроенергії за рахунок використання технологічного перепаду тиску газу під час його редукування.

Мета роботи – дослідити питання залежності показника адіабати (k) від тиску та початкової температури і їх вплив на роботу ТДУ; визначити вплив зміни кількісного складу метану на роботу ТДУ; на прикладі досліджуваних об'єктів конкретизувати тенденції впливу визначених раніше показників газу на роботу ТДУ.

Виклад основного матеріалу. При роботі магістральних газопостачальних систем на газорозподільних станціях (ГРС) виконуємо зниження тиску транспортованого природного газу від 5,5 до 0,1 МПа. На сьогодні для цього зниження тиску використовують дросельні пристрої. Однак цей процес, як відзначали раніше, можна здійснити і за допомогою турбодетандерної установки, використовуючи перепад тиску для отримання роботи і вироблення електроенергії. У випадку використання ТДУ природний газ перед впуском у детандер необхідно підігрівати, оскільки під час розширення від початкових температур, характерних для магістрального газу (від -5 до 10°C), температура його в кінці розширення може досягнути дуже низьких значень, недопустимих щодо умов роботи обладнання (-98...-83 °C), а саме зниження температури пов'язано з тим, що виконується робота в турбодетандері.

Процес розширення газу в адіабатних умовах, тобто за відсутності зовнішнього теплообміну, може відбуватися без змін ентропії тільки за відсутності яких-небудь внутрішніх процесів тертя. Тому для задоволення умови $s=\text{const}$ необхідно всю енергію стисненого газу перетворити в зовнішню роботу без втрат. Очевидно, що при цьому внутрішня енергія газу зменшується максимально, тому такий процес супроводжується найбільшим зниженням температури. Робота, що здійснюється газом у цьому процесі, повинна бути повністю передана ізольованому від газу обладнанню. Цей процес можна зобразити виразом:

$$l_{\text{mex}} = -\int_{p_1}^{p_2} v dp$$

де: p_1 та p_2 – тиск газу перед турбодетандером і після нього.

Цей вираз дійсний за однакових швидкостях газового потоку на вході та виході. Якщо реальні процеси протікання і розширення газу не можуть проходити без тертя, то в адіабатичних умовах процес $s=\text{const}$ в дійсності виконати неможливо. Його розглядають як ідеально наближеним для реальних процесів.

Для визначення величини $\int v dp$ необхідно знати термодинамічний закон зміни стану газу, тобто мати аналітичний зв'язок між тиском та питомим об'ємом газу. Для ідеального газу такий зв'язок встановлюємо рівнянням ізентропійного процесу (рівнянням Пуассона для адіабати реального газу):

$$p \times v^k = \text{const},$$

де k – показник адіабати.

¹ Наук. керівник: проф. М.С. Мальований, д-р техн. наук