

УДК 674.03:621.034

Методы оценки технологичности технических систем для ультразвуковой окорки лесоматериалов

Г.Д. Гаспарян

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

Garik.gasparian@yandex.ru

Статья поступила 30.10.2012, принята 2.02.2013

Рассмотрены основные показатели технологичности технических систем и их элементов для процесса окорки лесоматериалов при помощи ультразвука в водной среде. Разработана технологическая установка для ультразвуковой окорки и проведения комплексных полнофакторных экспериментов и исследований процесса ультразвуковой окорки лесоматериалов в водной среде, при которых определяются наиболее оптимальные параметры технологического процесса, источников ультразвукового излучения и конструктивных элементов ультразвуковых колебательных систем и инструментов. Предложены методы определения параметров технологичности технических систем с целью оценки эффективности создания инструментов новых конструкций и повышения уровня технологического комплекса для ультразвуковой окорки лесоматериалов. Приведены примеры определения параметров технологичности ультразвуковой колебательной системы в компьютерной среде «TechnoCo», с помощью которой разработана структурная схема конструкции ультразвуковой колебательной системы технологического комплекса. Дан комплекс рекомендаций по оптимизации показателей технологического комплекса окорки лесоматериалов ультразвуком, проходящей в водной среде.

Ключевые слова: технологический процесс, ультразвук, технологичность, технические системы, коэффициент технологичности.

Techniques to evaluate technological effectiveness of ultrasonic barking systems

G.D. Gasparyan

Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia

Garik.gasparian@yandex.ru

Received 30.10.2012, accepted 2.02.2013

The main technological parameters of the technical systems and components technological effectiveness to implement the process of ultrasonic barking in the aqueous medium have been considered. The technological systems for ultrasonic barking and carrying out integrated full factorial experiments and research of the ultrasonic barking process in the aqueous medium have been developed. They allow determining the optimal parameters of the technological process, ultrasonic radiation sources and the ultrasonic vibration systems and tools components. The methods for determining the technological engineering systems parameters to evaluate the effectiveness of new tools and the enhancement of the level of the technological complex for ultrasonic barking have been proposed. The examples to determine the technological effectiveness parameters of the ultrasonic oscillating systems in the «TechnoCo» environment have been given. This environment was used to develop a design flow diagram of the ultrasonic oscillatory system for the technological complex. A number of guidelines to optimize the ultrasonic barking technological complex parameters held in the aqueous medium have been given.

Key words: technological process, ultrasound, technological effectiveness, technical systems, technological effectiveness factor.

Окорка лесоматериалов заключается в полном или частичном снятии коры с древесного ствола. Это способствует лучшей просушке лесоматериалов, которая проводится с целью предохранения их от гниения, поражения насекомыми, снижения массы; повышению интенсивности последующей пропарки чураков при лущении; улучшению качества пропитки бревен антисептиками [8].

Технологическое оборудование для ультразвуковой окорки лесоматериалов в водной среде – это сложная техническая система, включающая в себя комплекс устройств, позволяющих генерировать электрические

импульсы и в последующем преобразовывать в ультразвуковые механические колебания, создающие условия окорки лесоматериалов.

Общая схема установки для исследования процесса окорки лесоматериалов с помощью ультразвукового излучения показана на рис. 1. Установка состоит из следующих основных элементов: ультразвуковой генератор, цифровой частотомер, осциллограф, ультразвуковая колебательная система, обрабатываемый материал, ультразвуковой приемник, усилитель низкой частоты, осциллограф [1 – 7].

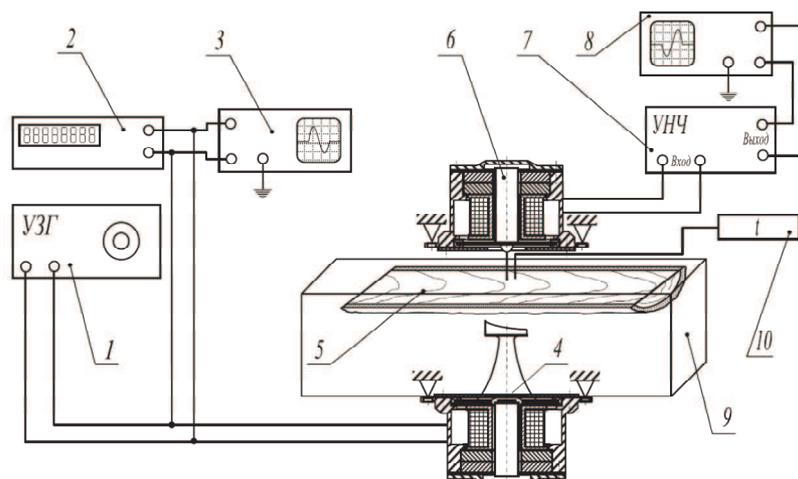


Рис. 1. Общая схема установки для исследования процессов влияния ультразвуковых волн на элементы коры: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – цифровой частотомер; 3 – осциллограф входного каскада; 4 – ультразвуковая колебательная система; 5 – обрабатываемый материал; 6 – ультразвуковой приемник; 7 – усилитель низкой частоты; 8 – осциллограф выходного каскада; 9 – бассейн с водой; 10 – цифровой термометр

Принцип действия установки заключается в следующем: ультразвуковой генератор 1 вырабатывает сигналы ультразвуковой частоты, характеристика которых фиксируется цифровым частотомером 2 и осциллографом 3. Сигнал, поступая на магнито-стрикционную колебательную систему 4, преобразуется в направленные механические колебания ультразвуковой частоты. Ультразвуковые волны, проникая через исследуемый материал 5, находящийся в резервуаре 9 с водой, попадает на ультразвуковой приемник 6, который преобразовывает колебания в электрический сигнал. Для снятия точных результатов в цепь включается усилитель низкой частоты 7, а характеристики выходного сигнала наблюдаются осциллографом 8. Значение температуры камбиального слоя при воздействии ультразвука снимается с термометра 10.

Обоснование технологичности технических систем окорки лесоматериалов ультразвуком. Технологичность является одним из параметров качества и выражает конструктивные особенности изделия, а не его функциональные свойства. Для потребителя важны целевое назначение, надежность параметров, эксплуатационные издержки и цена изделия. В основе цены лежит технологическая себестоимость, являющаяся главной характеристикой технологичности конструкции изделия (ТКИ) [7, 9, 10].

Термины и определения понятий ТКИ устанавливает ГОСТ 14.205-93 «Технологичность конструкции изделий. Термины и определения», а ГОСТ 14.201-83 «Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия» намечает основные пути, по которым ведут отработку конструкции на технологичность.

Согласно ГОСТ 14.205-83 под технологичностью конструкции изделия (ТКИ) следует понимать совокупность свойств, определяющих приспособленность конструкции к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Как видно из приведенного определения, количественная оценка ТКИ – сложная задача, связанная с принципиальной нечеткостью самого понятия, причем степень сложности количественной оценки ТКИ возрастает при переходе от деталей к сборочным единицам и затем к изделиям и комплексам. Для количественной оценки ТКИ существует ряд методик.

Основным является метод количественной оценки ТКИ с использованием комплексного и частных показателей технологичности и из сравнения с базовыми значениями. Перечень частных показателей технологичности во многом определяется техническим и организационным уровнем конкретного производства. Недостатками метода количественной оценки ТКИ являются:

1. отсутствие достоверных способов расчета значений базовых показателей;
2. большая трудоемкость определения ряда частных показателей.

Для устранения первого недостатка необходимо создание информационных баз данных по однотипным приборам, что позволит оценивать ТКИ на этапах конструкторского и даже схмотехнического проектирования. Второй недостаток был устранен разработкой прикладной программы с удобным интерфейсом.

Общая методика расчета комплексного показателя (коэффициента) технологичности изделия. Анализ технологичности начинают с того, что каждую из входящих в состав изделия сборочных единиц относят к одной из следующих категорий: механическая, механотронная, электромеханическая (электротехническая) сборочные единицы – они образуют механическую часть изделия, – а также электронный блок, радиотехнический блок – они образуют электрическую часть изделия [10, 11].

Комплексный показатель технологичности изделия $K_m \in [0;1]$ определяется по формуле

$$K_T = K_M R_M + K_3 R_3, \quad (1)$$

где $K_m, K_3 \in [0;1]$ – комплексные показатели технологичности механической и электрической частей изделия; $R_m, R_3 \in [0;1]$ – доли сложности механической и электрической частей в общей сложности изделия.

Величины R_m, R_3 определяются по формулам

$$R_m = \frac{N_{в.р.}}{(N_{в.р.} + N_{в.э.})}, R_3 = \frac{N_{в.э.}}{(N_{в.р.} + N_{в.э.})}, \quad (2)$$

где $N_{в.р.}$ – сумма выдерживаемых размеров по всем изготавливаемым деталям механической части изделия; $N_{в.э.}$ – суммарное количество всех выводов электрорадиоэлементов и интегральных микросхем в изделии.

Комплексный показатель технологичности механической части изделия K_m определяется следующим образом:

$$K_m = \frac{K_{CE1} + K_{Д1}}{2}, \quad (3)$$

где K_{CE1} и $K_{Д1}$ – усредненные коэффициенты технологичности соответственно сборочных единиц и деталей 1-го уровня.

Величина $K_{Д1}$ определяется как

$$K_{Д1} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Li} N_{Li}}{N_1}, \quad (4)$$

где K_{Li} – комплексный показатель (коэффициент) технологичности i -й детали 1-го уровня; N_{Li} – количество выдерживаемых размеров i -й детали 1-го уровня; $N_1 = \sum_{i=1}^n N_{Li}$ – суммарное количество

выдерживаемых размеров на всех деталях 1-го уровня; n – количество деталей 1-го уровня.

Величина K_{CE1} определяется как

$$K_{CE1} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{CEi} P_{Li}}{P_1}, \quad (5)$$

где K_{CEi} – комплексный показатель (коэффициент) технологичности i -й сборочной единицы 1-го уровня; P_{Li} – количество деталей в i -й сборочной единице 1-го уровня; $P_1 = \sum_{i=1}^m P_{Li}$ – суммарное количество деталей во

всех сборочных единицах 1-го уровня; m – количество сборочных единиц 1-го уровня.

Коэффициенты K_{CEi} определяются по аналогичной выражению (4.13) рекуррентной формуле

$$K_{CEi} = \frac{K_{CE2i} + K_{Д2i}}{2}, \quad (6)$$

где K_{CE2i} и $K_{Д2i}$ – усредненные коэффициенты технологичности соответственно сборочных единиц и деталей 2-го уровня i -й сборочной единицы 1-го

уровня, определяемые рекуррентно по формулам, аналогичным выражениям (4) и (5).

Численным расчетам по формулам (1) – (6) должно предшествовать составление конкретной схемы сборочного состава изделия в соответствии с шаблоном.

Описываемые формулами (3) – (6) детали и сборочные единицы, образующие механическую часть изделия, включают механические детали и сборочные единицы, а также механотронные и электро-механические (электротехнические) сборочные единицы, подлежащие изготовлению (не покупные) при серийном производстве проектируемого изделия. Покупные сборочные единицы учитываются на соответствующем уровне и далее не подразделяют. Покупные детали в анализе не учитываются.

К механическим относят неразъемные (паяные, сварные, клееные, клепаные, запрессованные, комбинированные) и разъемные (с резьбой, со шлицами, комбинированные) сборочные единицы, основное назначение которых – передача и преобразование перемещений и сил механическими способами.

Механотронными сборочными единицами называют такие, которые содержат механические и электрические детали, выполняющие взаимосвязанные функции. Типичным примером механотронного изделия являются кварцевые стрелочные часы. Для механических и механотронных сборочных единиц комплексный показатель технологичности определяется по формуле

$$K = 1 - \sum_{i=1}^n A_i, \quad (7)$$

где A_i – поправка, соответствующая i -му частному показателю технологичности.

Номенклатура частных показателей технологичности и численные значения соответствующих поправок A_i применяемых в формуле (7), приводятся в литературе.

Определение комплексного показателя технологичности ультразвуковой колебательной системы для окорки лесоматериалов. Чтобы произвести расчет комплексного показателя ТКИ, воспользуемся программой «TechnoCo», работающей в среде Windows.

Расчет технологичности изделия начинают с его анализа, заключающегося в делении изделия на сборочные единицы (первого уровня) и детали изделия, с последующим делением сборочных единиц первого уровня на сборочные единицы второго уровня и детали сборочных единиц первого уровня. Процесс итерируют до получения дерева разбиения изделия на составные части, «листьями» которого являются стандартные и нестандартные детали [12].

Для получения дерева разбиения, адекватно отражающего схему сборочного состава изделия, необходимо предварительно составить схему сборки изделия, которая изображена на рис. 2.

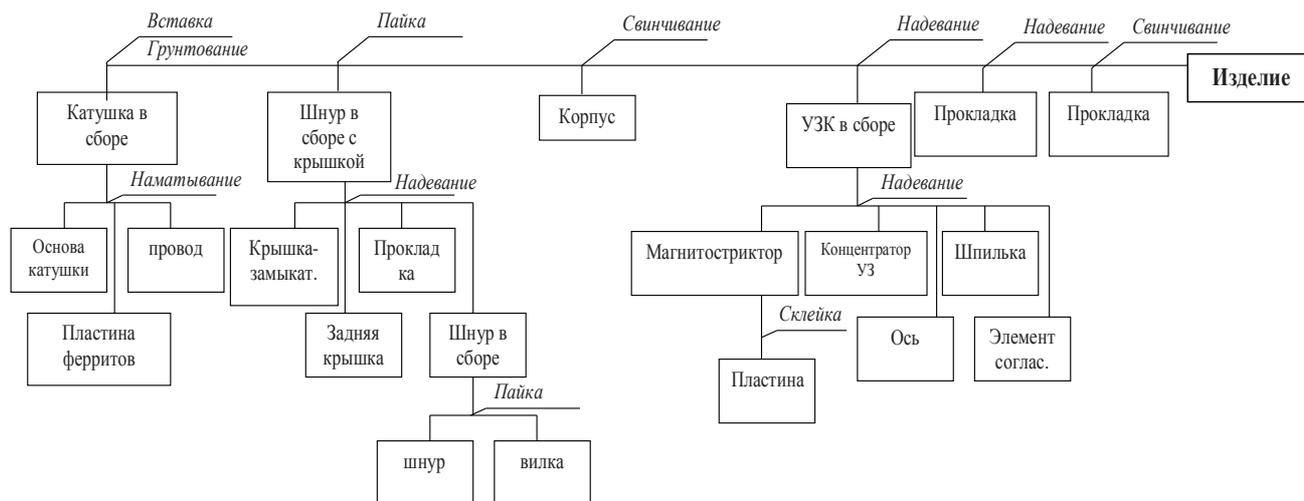


Рис. 2. Схема интеграции изделия

Изделие «Ультразвуковая колебательная система для окорки лесоматериалов»

— Наконечник	0,61
— Прокладка	0,45
— УЗК в сборе	0,61
— Магнитостриктор	0,77
— Пластины	1,00
— Концентратор УЗ	0,60
— Ось	0,90
— Шпилька	1,00
— Согласующий элемент	0,35
— Корпус	0,90
— Шнур в сборе с крышкой	0,65
— Шнур в сборе	0,65
— шнур	0,90
— вилка	0,61
— Задняя крышка	0,61
— Прокладка	0,45
— Крышка-замыкатель	0,70
— Катушка в сборе	0,83
— Основа катушки	0,90
— провод	0,90
— Пластина ферритовая	1,0

Рис. 3. Дерево дифференцирования изделия

На рис. 2 видно, что технологический процесс сборки ультразвуковой колебательной системы начинают с того, что выводы сборочной единицы 1-го уровня катушки в сборе (получена наматыванием покупного провода на основу катушки и последующим вкладыванием ферритовой пластины в специальные пазы основания катушки) спаивают с концами проводов шнура с крышкой в сборе. Крышка в сборе – сборочная единица первого уровня, получена надеванием задней крышки корпуса, прокладки и крышки-замыкателя на сборочную единицу 2-го уровня – шнур в сборе. Последний состоит из стандартной сборочной единицы вилки и стандартной детали – электрического шнура. Затем, предварительно вложив кольцо замыкателя в корпус, в него же вставляют и закручивают задней крышкой полученное заранее соединение катушки со шнуром. Далее через передний вход корпуса вкладывают сборочную единицу первого уровня –

ультразвуковую колебательную систему в сборе, полученную из деталей второго уровня (концентратора, согласующего элемента, скрепляющих оси и шпильки) и сборочной единицы второго уровня (магнитостриктора, собранного склейкой из пластин). В последнюю очередь на концентратор надевают резиновую прокладку, и заканчивают сборку тем, что закручивают наконечник корпуса.

Оказывается, что изделие – ультразвуковая колебательная система для окорки лесоматериалов – состоит из сборочных единиц первого уровня «УЗК в сборе», «Корпус», «Шнур в сборе с крышкой» и «Катушка в сборе» и деталей – нестандартных прокладки и наконечника. Эта последовательность обеспечивает поузловую сборку изделия, причем его коэффициент агрегирования предельно высок – равен единице.

Приведенная методика определения технологичности технических систем и элементов ультразвукового технологического комплекса для окорки лесоматериалов позволяет провести оптимизацию основных показателей технологического процесса и конструктивных элементов некоторых узлов комплекса.

Разработанные комплексные показатели технологичности элементов технических систем ультразвуковой окорки лесоматериалов формирует общую оценку возможности применения проектируемых объектов, предназначенных для ультразвуковой окорки лесоматериалов.

Литература

1. Гаспарян Г.Д. Разработка и обоснование параметров установки для окорки лесоматериалов ультразвуком: дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2005. 160 с.
2. Гаспарян Г.Д. Исследование процесса ультразвуковой окорки // Вестн. КрасГАУ. 2007. № 3 (18). С. 216-221.
3. Гаспарян Г.Д. Обоснование технологической схемы окорки лесоматериалов ультразвуком // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. 2009. Т. 2. С. 223–225.
4. Гаспарян Г.Д. Концептуальное моделирование техники и технологии окорки лесоматериалов с применением ультразвука // Фундаментальные исследования. 2012. № 11. С. 1451-1454.

5. Гаспарян Г.Д. Энергосберегающие технологии окорки круглых лесоматериалов. Братск: Изд-во БрГУ, 2012. 150 с.
6. Гаспарян Г.Д. Анализ ультразвуковых технологий, с целью оценки интродукции в лесопромышленный сектор экономики // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7441> (дата обращения: 16.11.2012).
7. Гаспарян Г.Д., Гаспарян М.Д. Перспективы применения ультразвука при окорке лесоматериалов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки - развитию регионов Сибири. 2012. Т. 2. С. 5-13.
8. Калиманов А.В. Возможности использования ультразвука в промышленности // Применение ультразвука в промышленности: сб. ст. 1959. № 3. С. 48-57.
9. Кикоин И.К. Таблицы физических величин: справочник. М.: Атомиздат, 1976.1008 с.
10. Розенберг Л.Д. Физика и техника мощного ультразвука. Кн. 2. Мощные ультразвуковые поля. М.: Наука, 1968. 267 с.
11. Ультразвуковые технологии и аппараты [Электронный ресурс]: офиц. сайт лаб. акустических процессов и аппаратов Бий. технол. ин-та. 1994-2011. URL: <http://u-sonic.ru> (дата обращения: 05.05.2012).
3. Gasparyan G.D. Obosnovanie tekhnologicheskoy skhemy okorki lesomaterialov ul'trazvukom. Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri. 2009. T.2. S.223-225;
4. Gasparyan G.D. Kontseptual'noe modelirovanie tekhniki i tekhnologii okorki lesomaterialov s primeneniem ul'trazvuka// Fundamental'nye issledovaniya. 2012. № 11 S. 1451-1454;
5. Gasparyan G.D. Energoberegayushchie tekhnologii okorki kruglykh lesomaterialov. - Bratsk: FGBOU VPO "BrGU", 2012. - 150 s;
6. Gasparyan G.D. Analiz ul'trazvukovykh tekhnologiy, s tsel'yu otsenki introduktcii v lesopromyshlennyi sektor ekonomiki // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7441> (data obrashcheniya: 16.11.2012);
7. Gasparyan G.D. Perspektivy primeneniya ul'trazvuka pri okorke lesomaterialov // Gasparyan G.D., Gasparyan M.D. Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri. 2012. T. 2. S. 5-13.
8. Kalimanov A.V. Vozmozhnosti ispol'zovaniya ul'trazvuka v promyshlennosti // Primenenie ul'trazvuka v promyshlennosti. 1959. Sb. statey № 3 S. 48-57.
9. Kikoin, I.K. Tablitsy fizicheskikh velichin: spravochnik / I. K. Kikoina. - M.: Atomizdat, 1976.1008 s;
10. Rozenberg L.D. Kavitatsionnaya oblast' / V kn. Fizika i tekhnika moshchnogo ul'trazvuka, kniga II, Moshchnye ul'trazvukovye polya. M.: Izd-vo "Nauka", 1968 267 s;
11. Ul'trazvukovye tekhnologii i apparaty [Elektronnyy resurs]. Elektron. dan. [Biysk]: Ofitsial'nyy sayt laboratorii akusticheskikh protsessov i apparatov Biyskogo tekhnologicheskogo instituta. 1994-2011. Rezhim dostupa: <http://u-sonic.ru>;

References

1. Gasparyan G.D. Razrabotka i obosnovanie parametrov ustanovki dlya okorki lesomaterialov ul'trazvukom: dis. ... kand. tekhn. nauk / Gasparyan Garik Davidovich; nauch. Ruk. G.L. Kozinov; Bratskiy gosudarstvennyy universitet. Bratsk, 2005. 160 s.
2. Gasparyan G.D. Issledovanie protsessa ul'trazvukovoy okorki. Vestnik KrasGAU. 2007. №3(18) S. 216-221;

УДК 630

К вопросу проектирования схемы лесотранспортной сети с учетом оптимизации грузопотоков

В.Н. Костяев

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, г. Братск, Россия
 chessmaster-russt@yandex.ru
 Статья поступила 14.10.2012, принята 6.02.2013

Рассмотрены основные концепции проектирования лесотранспортной сети и описаны их основные недостатки, обусловленные сложностью учета всех факторов, оказывающих влияние на лесозаготовительный процесс. Предложен алгоритм проектирования схемы сети лесовозных дорог с детальным описанием наиболее важных параметров (особенности рельефа местности, численное количество и территориальное расположение лесосек, характеристика существующих транспортных путей, вместимость погрузочных пунктов, удаленность потребителей древесины, имеющиеся системы и комплекты машин и др.). Описан универсальный метод поиска оптимальной лесотранспортной сети, основанный на инструментарии теории графов (в частности – построении минимального покрывающего дерева). Предложены подход к проведению оценки доступности лесных ресурсов и расчету экономической эффективности от реализации проекта по освоению лесных участков посредством выбора наиболее привлекательных с экономической точки зрения лесосек и способ соединения их в единую лесотранспортную сеть. Приведен пример построения кратчайшей схемы сети лесовозных дорог, найденной с помощью методов математического моделирования, а также рассмотрены возможности оптимизации грузопотоков от пункта лесозаготовок до конечного потребителя. Описана необходимость проектирования лесовозных дорог с учетом динамики лесоводственно-таксационных характеристик насаждений, а также требований к обеспечению экологической безопасности на осваиваемых территориях. На основе предложенной математической модели возможна разработка программного обеспечения для инженеров лесозаготовительных предприятий, занимающихся вопросами проектирования лесотранспортной сети. Метод может применяться для любых по масштабу территорий с различными природно-климатическими условиями, породным составом и количественным запасом древесины.

Ключевые слова: грузопотоки, лесотранспортная сеть, математическое моделирование, теория графов.