



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630\*81

**В.П. Рябчук<sup>1</sup>, Т.В. Юскевич<sup>1</sup>, В.М. Гриб<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Национальный лесотехнический университет (НЛТУ) Украины

<sup>2</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Рябчук Василий Петрович родился в 1939 г., окончил в 1968 г. Львовский лесотехнический институт, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса НЛТУ Украины. Имеет больше 260 печатных работ, 2 патента на изобретения в области изучения недревесных ресурсов леса.  
E-mail: botforest@ukr.net



Юскевич Тарас Васильевич родился в 1974 г., окончил в 1995 г. Украинский государственный лесотехнический университет, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса НЛТУ Украины. Имеет 40 печатных работ, 2 патента на изобретения в области изучения продуктивности и комплексного использования насаждений с участием интродуцированных видов сосны.  
E-mail: Yuskevich\_Taras@ukr.net



Гриб Владимир Макарович родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры технологии лесохозяйственного производства Национального университета биоресурсов и природопользования Украины. Имеет 60 печатных работ, 4 патента на изобретения в области совершенствования технологий воспроизводства сосновых насаждений.  
E-mail: gribvm@ukr.net



## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ВИДОВ РОДА СОСНА

Исследованы физические свойства (плотность, пористость, радиальная, тангентальная и объемная усушка древесины, теплопроводная способность древесины, коры, хвои и шишек) видов рода сосна (с. Банка, с. Веймутова, с. жесткая, с. чёрная и с. обыкновенная), произрастающих в лесных насаждениях Украины.

*Ключевые слова:* интродуцированные виды сосны, радиальная, тангентальная и объемная усушка, плотность, пористость, теплопроводная способность, древесина, кора, хвоя, шишки.

© Рябчук В.П., Юскевич Т.В., Гриб В.М., 2013

Объективные данные о физических свойствах древесины имеют большое значение для создания технологических процессов обработки древесины и решения других важных практических задач [17].

К физическим свойствам древесины, как известно, относят свойства, которые проявляются при взаимодействии ее с внешней средой, но не связанные с изменением химического состава древесинного вещества. Каждый вид древесных растений характеризуется видоспецифическими метамерами соответствующей формы и размеров, их анатомическим строением, что отличает его от других видов. Однако при исследовании роста и развития насаждений недостаточно одних наблюдений за органами растений, важно изучение изменений, которые происходят в закрытых частях растений, поскольку физико-механические свойства древесины существенно зависят от ширины годичного слоя, а особенно, от соотношения ранней и поздней древесины. Следует отметить, что указанные свойства древесины интродуцированных видов сосны, произрастающих в лесных насаждениях Украины, изучены недостаточно. Поэтому нами планировалось изучить основные физические свойства древесины интродуцированных видов сосны (с. Банка, с. Веймутова, с. жесткой, с. черной). В качестве контроля изучали данные свойства у древесины сосны обыкновенной.

Для проведения исследований нами были отобраны модельные экземпляры данных видов в преспевающих и спелых лесных насаждениях Львовского и Киевского областных управлений лесного хозяйства. Из отобранных модельных деревьев были изготовлены образцы для изучения физико-механических свойств древесины. Отбор модельных деревьев, изготовление образцов древесины и сами исследования осуществляли согласно установленным требованиям действующих стандартов. Методики исследований физических свойств древесины приведены ниже.

Первичная оценка способности древесины сопротивляться механическим нагрузкам, пропускать газы и жидкости, изменять размеры и форму, а также проявлять и другие свойства, может быть проведена на основе исследований ее макроскопического строения, к основным показателям которого относятся: количество годичных слоев в одном сантиметре, ширина годичных слоев, процент поздней части годичного слоя [5, 16, 18, 19]. Показатели макроскопического строения древесины изучали по методике В.Е. Вихрова, Б.Н. Уголева, А.А. Божка и И.С. Винтонова [2, 4, 5, 16, 17]. Количество годичных слоев древесины в 1 см определяли путем их подсчета на отрезке, процент поздней части древесины на участке измерения – по ширине поздних зон.

Согласно нашим исследованиям (табл. 1), наилучшие показатели прироста выявлены у деревьев с. Веймутова (2,6...3,4 мм). У деревьев с. черной и с. Банка средние значения этого показателя соответственно составляли 1,6...2,6 и 1,8...3,3 мм. Сосна обыкновенная характеризуется средним приростом 1,4...2,4 мм. Как известно, годичный прирост хвойных пород в разных условиях произрастания в основном увеличивается (или уменьшается) за счет

ранней зоны, которая приводит к изменению процента поздней древесины. С повышением ее содержания качество древесины улучшается [5, 16, 17, 19]. Деревья с более интенсивным ростом имеют пониженное содержание поздней части древесины. Так, древесина с. Веймутова имеет низкие показатели по проценту поздней части (27,2...30,3 %) в сравнении с древесиной с. черной и с. Банка (соответственно 36,0...44,0 и 33,5...41,2 %).

Исследователи [2, 13, 16] установили обратную связь количества годовичных слоев в 1 см с показателями физико-механических свойств древесины. Из данных табл. 1 видно, что наибольшее количество годовичных слоев в 1 см выявлено у деревьев с. черной (4,3...6,2 шт.), у деревьев с. Веймутова этот показатель составил 3,1...3,8 шт., с. жесткой – 3,5...5,3 шт., с. Банка – 3,4...5,9 шт. По данным наших наблюдений, у сосны обыкновенной количество годовичных слоев в 1 см колеблется от 2,2 до 7,6 шт. По данным Б.Н. Уголева и А.М. Боровикова [3, 16] количество годовичных слоев в 1 см древесины для с. обыкновенной в среднем по Украине составляет 5,1 шт. [3, 16].

Таблица 1

**Показатели макроскопического строения древесины  
исследуемых видов сосны**

Вид сосны	Часть ствола	Средняя ширина годовичного слоя, мм		Количество годовичных слоев древесины, шт./см		Содержание поздней зоны годовичного слоя, %	
		Заболонь	Ядро	Заболонь	Ядро	Заболонь	Ядро
Банкса	Комель	1,8	3,0	5,6	3,9	42,9	40,2
	Середина	1,6	2,9	6,5	3,6	42,4	35,6
	Верх	1,9	3,9	5,6	2,7	38,4	24,8
Веймутова	<i>Среднее</i>	1,8	3,3	5,9	3,4	41,2	33,5
	Комель	3,0	2,6	3,7	3,8	28,8	26,0
	Середина	3,4	3,3	3,1	3,2	24,9	36,7
Жесткая	Верх	2,9	3,2	3,6	3,2	27,8	28,2
	<i>Среднее</i>	3,1	3,0	3,5	3,4	27,2	30,3
	Комель	1,8	3,0	5,7	3,4	42,1	42,6
Обыкновенная	Середина	1,9	2,6	5,6	3,8	37,8	39,0
	Верх	2,2	3,2	4,7	3,4	34,2	34,3
	<i>Среднее</i>	2,0	2,9	5,3	3,5	38,0	38,6
Черная	Комель	1,4	2,4	7,6	4,5	40,6	44,4
	Середина	1,8	2,2	6,5	5,3	30,7	33,6
	Верх	1,7	2,3	5,8	4,5	29,8	33,3
Черная	<i>Среднее</i>	1,6	2,3	6,6	4,8	33,7	37,1
	Комель	1,7	2,4	5,8	4,4	48,1	42,2
	Середина	1,7	2,9	6,1	3,6	44,9	31,7
Черная	Верх	1,5	2,5	6,8	4,9	38,9	34,0
	<i>Среднее</i>	1,6	2,6	6,2	4,3	44,0	36,0

Усушку определяли в соответствии со стандартами на малых образцах поперечного сечения 20×20 мм и высотой 30 мм. Необходимым условием было то, что годовые слои на поперечной плоскости должны быть параллельны двум граням образца и перпендикулярны двум противоположным. Влажность образцов доводили до предела насыщения клеточных оболочек путем намачивания образцов древесины в дистиллированной воде при комнатной температуре (20 ± 5) °С. Набухание контролировали, проводя два повторных контрольных замера в течение 3 сут. Древесину считали насыщенной при расхождении замеров менее чем на 0,02 мм. После вымачивания и перед проведением измерений поверхность образцов высушивали фильтровальной бумагой. Размеры замеряли с точностью до 0,01 мм. После этого образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре (103 ± 2) °С в течение 1 сут. Процесс сушки считали законченным, когда разница контрольных замеров составляла менее 0,02 мм. Высушенные образцы охлаждали в герметичных сосудах и проводили замеры минимальных размеров. Усушку рассчитывали по известным формулам [2, 3, 17].

Таблица 2

## Усушка (%) исследуемых видов сосны

Вид сосны	Часть ствола	Тангентальная (Т) и радиальная (Р)						Объемная		
		Полная		Влажная до нормальной		Коэффициент усушки		Полная	Влажная до нормальной	Коэффициент усушки
		Т	Р	Т	Р	Т	Р			
Банкса	Комель	7,6	4,5	4,3	3,1	0,25	0,15	12,6	8,1	0,42
	Середина	7,5	4,5	4,5	2,6	0,25	0,15	12,4	7,8	0,41
	Верх	6,3	4,6	4,1	2,5	0,21	0,15	11,3	7,1	0,38
Веймутова	<i>Среднее</i>	7,1	4,5	4,3	2,7	0,24	0,15	12,1	7,7	0,40
	Комель	7,7	3,2	5,2	1,8	0,26	0,11	11,2	7,4	0,37
	Середина	7,6	3,0	5,1	1,6	0,25	0,10	10,9	7,1	0,36
Жесткая	Верх	7,3	3,4	5,1	1,8	0,24	0,11	11,1	7,3	0,37
	<i>Среднее</i>	7,5	3,2	5,1	1,8	0,25	0,11	11,1	7,3	0,37
	Комель	7,6	5,0	5,0	3,0	0,25	0,17	13,3	8,5	0,44
Обыкновенная	Середина	7,7	3,9	5,0	2,3	0,26	0,13	12,1	7,8	0,40
	Верх	7,1	3,8	5,1	2,2	0,24	0,13	11,4	7,8	0,38
	<i>Среднее</i>	7,5	4,2	5,0	2,5	0,25	0,14	12,3	8,0	0,41
Черная	Комель	7,1	4,9	4,2	2,5	0,24	0,16	11,9	7,6	0,40
	Середина	6,7	4,2	4,2	2,7	0,22	0,14	10,6	7,9	0,35
	Верх	5,7	3,8	3,3	2,2	0,20	0,13	9,7	6,3	0,32
Черная	<i>Среднее</i>	6,5	4,3	3,9	2,5	0,22	0,14	10,7	7,3	0,36
	Комель	9,6	5,2	6,8	3,0	0,32	0,17	15,5	10,7	0,52
	Середина	8,0	4,7	5,6	2,9	0,27	0,16	13,1	9,0	0,44
	Верх	7,7	4,1	5,1	2,7	0,26	0,14	12,2	8,3	0,41
	<i>Среднее</i>	8,4	4,7	5,8	2,9	0,28	0,15	13,6	9,3	0,46

Согласно проведенным исследованиям и расчетам, объемная усушка древесины составила, мм: с. Банка – 9,1...13,7, с. Веймутова – 10,1...12,2, с. жесткая – 11,1...14,0, с. черная – 11,2...17,6, с. обыкновенная – 8,4...13,3 (табл. 2). Тангентальная усушка наибольшая у древесины с. черной (6,5...11,3 %), наименьшая – у с. Банка (5,1...8,2 %). По радиальной усушке древесину можно расположить в следующий ряд (по возрастанию), %: с. Веймутова (2,8...3,7), с. Банка (3,5...5,7), с. жесткая (3,6...5,4), с. черная (4,0...6,3).

По данным ученых [2, 3, 4], усушка древесины наиболее распространенных лесных пород в тангентальном направлении составляет 6,0...13,0 %, в радиальном – 3...7 %, вдоль волокон – 0,1...0,8 %, полная объемная усушка – 10,0...19,0 %.

Таким образом, древесина интродуцированных видов сосны, произрастающих в насаждениях Украины, характеризуется объемной усушкой, которая колеблется в пределах наиболее распространенных лесных пород.

Плотность относится к основным характеристикам древесины и отражает ее основные физические свойства, а также дает четкое представление о ее механических показателях. В целлюлозном производстве плотность древесного сырья определяет важный экономический показатель – выход целлюлозы, а также позволяет прогнозировать свойства и качество бумаги и древесностружечных плит. Кроме того, плотность древесины применяют для нормирования затрат использования сырья в ЦБП [13, 14, 17].

Известно, что плотность связана с пористостью древесины. Поэтому был произведен расчет пористости [2]. Результаты наших исследований приведены в табл. 3, на основании данных которой древесина исследуемых видов разместилась в следующем порядке по плотности (при влажности 12 %), кг/м<sup>3</sup>: с. Веймутова – 437, с. обыкновенная – 478, с. Банка – 524, с. жесткая – 551, с. черная – 588.

Исследования А.М. Боровикова и Б.Н. Уголева [3], занимавшихся изучением плотности и пористости древесины деревьев, произраставших на территории Украины, показывают, что для с. обыкновенной этот показатель составляет 439...504 кг/м<sup>3</sup>. По данным тех же исследователей, плотность древесины с. Банка и с. жесткой в Смоленской и Орловской областях соответственно составляет 475 и 495 кг/м<sup>3</sup>, с. крымской из Крыма – 644 кг/м<sup>3</sup>, с. черной с Кавказа – 634 кг/м<sup>3</sup> [2, 3, 17]. Согласно данным европейских норм (EN 350-2), плотность древесины с. Веймутова при влажности 12 % – 400 кг/м<sup>3</sup> (340...510 кг/м<sup>3</sup>), с. черной – 470 кг/м<sup>3</sup> (400...600 кг/м<sup>3</sup>), с. обыкновенной – 520 кг/м<sup>3</sup> (330...890 кг/м<sup>3</sup>) [4]. Приведенные данные свидетельствуют, что древесина с. черной имеет более высокую плотность, чем с. Банка и с. Веймутова. Вероятно, причина относительно низкой плотности древесины с. Веймутова заключается в особенностях строения кроны дерева, а также в процессе очистки ствола от сучьев. Породы с активно протекающими процессами очистки ствола от сучьев имеют значительный градиент плотности

Таблица 3

## Плотность и пористость древесины исследуемых видов сосны

Вид сосны	Часть ствола	Плотность, кг/м <sup>3</sup>					Объемная пористость, %
		при влажности		парциальная	базисная	в абс. сухом состоянии	
		комнатной	12 %				
Банкса	Комель	558	562	504	464	531	65,3
	Средина	525	529	475	438	500	67,2
	Верх	477	481	431	400	452	70,4
	<i>Среднее</i>	520	524	470	434	494	67,6
Веймутова	Комель	425	434	391	362	408	73,5
	Средина	422	430	387	360	404	73,6
	Верх	438	446	402	372	419	72,6
	<i>Среднее</i>	428	437	394	365	410	73,2
Жесткая	Комель	601	608	548	501	579	62,2
	Средина	514	519	467	431	490	68,0
	Верх	521	526	472	436	492	67,8
	<i>Среднее</i>	546	551	496	456	520	66,0
Обыкновенная	Комель	557	552	489	452	509	66,7
	Средина	454	450	401	369	412	73,1
	Верх	437	432	384	360	398	74,0
	<i>Среднее</i>	483	478	425	394	440	71,3
Черная	Комель	662	669	606	544	640	58,2
	Средина	567	575	520	474	544	64,4
	Верх	514	520	467	428	488	68,1
	<i>Среднее</i>	581	588	531	482	557	63,6

древесины вдоль ствола, а породы с замедленным процессом очистки от сучьев формируют ствол с более равномерным распределением плотности. Исходя из этого, близость кроны обеспечивает более интенсивное образование ранней древесины годичного слоя. Зона поздней древесины в этом же направлении сужается почти до полного исчезновения, что влечет за собою уменьшение плотности древесины [17].

Установлено, что плотность древесины различных видов сосны с увеличением высоты ствола уменьшается. Особенно четко выражена данная закономерность для комлевой древесины и срединной части ствола, что сказывается на показателях физико-механических свойств древесины.

Исходя из результатов исследований по изучению плотности древесины интродуцированных видов сосны, можно сделать вывод, что древесину данных видов можно использовать наряду с древесиной с. обыкновенной.

В период роста цен на природный газ, нефть и уголь – основные источники тепловой энергии промышленности, коммунального хозяйства, частного сектора, возникает насущная необходимость в использовании альтернативных источников. Важную роль в этом играет биомасса – продукты, полностью или частично состоящие из веществ растительного происхождения. Они могут быть использованы в целях преобразования содержащейся в них энергии [9, 20].

Украина в основном импортирует около 60 % энергоносителей. По международным критериям такой уровень не считается чрезмерным. Однако источником поставки основных объемов энергоносителей является одна страна. Поэтому уровень зависимости энергетики и экономики Украины в целом от импортных поставок энергоносителей является критическим. Таким образом, использование альтернативных источников энергии, в первую очередь местных видов топлива (торф, древесина, солома, отходы растительного происхождения сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности), в топливно-энергетическом балансе регионов – одно из возможных решений повышения уровня энергетической безопасности страны. Согласно данным [15], энергетический потенциал биомассы в Украине составляет более 23 млн т условного топлива в год, в том числе, %: энергетические культуры и отходы древесины – 6,7, солома зерновых культур – 4,6, другие отходы сельскохозяйственных культур – 5,2, жидкое топливо (биодизель, этанол) – 2,2, торф – 0,6, другие – 4,0 [1, 12, 15].

Исходя из сложившейся ситуации, правительством Украины принят план мероприятий по сохранению и эффективному использованию газа и нефтепродуктов. Существенное значение придано обеспечению эффективного использования в качестве топлива низкокачественной древесины и отходов при лесозаготовке и лесопилении [8, 15]. Таким образом, при условии недостаточного обеспечения страны собственными топливно-энергетическими ресурсами именно древесная биомасса становится одним из наиболее доступных, экономически оправданных и перспективных источников [1, 10, 11].

Следует отметить, что на энергетические цели могут быть использованы так называемые непригодные для дальнейшего применения отходы – кора, опилки, горбыли и др. [9, 11]. По данным И.В. Андрийчука, основным направлением использования 74 % отходов древесины может быть производство энергии [1, 6, 11]. Кроме того, оптимизация применения этих отходов позволит решить вопрос получения дополнительной тепловой энергии и улучшить показатели комплексного использования природных ресурсов [9].

Нашей целью было изучить теплотворную способность древесины, коры, хвои и шишек интродуцированных видов сосны.

Теплотворную способность этого материала определяли в абсолютно сухом состоянии при помощи автоматизированного калориметра ИКА-С2000. Древесину для исследования отбирали из образцов, использованных при изучении механических свойств древесины, а кору, хвою и шишки – из предварительно заготовленных модельных экземпляров. Усредненные результаты проведенных исследований, приведенные в табл. 4, свидетельствуют, что теплотворная способность коры, в зависимости от изучаемого вида, колеблется в пределах 4570...4722 ккал/кг. Высокой теплотворной способностью характеризуются шишки интродуцированных видов сосны. Высокая теплотворная способность отмечена у шишек с. Веймутова (5077 ккал/кг),

Таблица 4

## Теплотворная способность (ккал/кг) древесины, коры, хвои и шишек исследуемых видов сосны

Вид сосны	Кора	Хвоя	Шишки	Заболонь			Ядро		
				Комель	Середина	Верх	Комель	Середина	Верх
Банкса	4722	4692	4425	4415	4405	4399	4414	4424	4414
Веймутова	4710	4570	5077	4436	4410	4461	4772	4423	4559
Жесткая	4570	4588	4332	4450	4373	4278	4710	4371	4409
Обыкновенная	4714	4341	4348	4414	4507	4463	4603	4591	4453
Черная	4596	4368	4280	4343	4378	4367	4403	4352	4488

самая низкая – у с. черной (4280 ккал/кг). По нашим данным, теплотворная способность хвои изучаемых видов составляет от 4368 ккал/кг (с. черная) до 4692 ккал/кг (с. Банкса). Данный показатель для хвои с. обыкновенной 4341 ккал/кг.

Теплотворная способность древесины интродуцированных видов является более стабильной и незначительно меняется от комля к верхушке. Несколько ниже теплотворная способность с. жесткой, в частности заболонной древесины, которая размещена в верхней части ствола (4278 ккал/кг).

Характерно также то, что ядровая древесина у всех видов характеризуется несколько большей теплотворной способностью по сравнению с заболонной древесиной (табл. 4). Следует отметить, что при сжигании просмоленных шишек или древесины, по нашим данным, теплотворная способность повышается до 5558...6596 ккал/кг. По нашему мнению, именно наличие смолы и объясняет несколько большую теплотворную способность ядровой древесины по сравнению с заболонной.

По данным ученых [2, 3, 4], теплота сгорания единицы массы абс. сухой древесины составляет 19,6...21,4 МДж/кг (4682...5111 ккал/кг), с. обыкновенной – 20,6 МДж/кг (4918 ккал/кг). Также они отмечают, что если древесина хвойных имеет повышенную смолистость, то и теплота ее сгорания будет выше.

Теплота сгорания коры в основном идентична древесине соответствующей породы [3]. Однако, по данным А.В. Житкова [7], теплота сгорания коры с. обыкновенной, определенная опытным путем, составляет 21,9 МДж/кг (5230 ккал/кг), расчетным – 23,3 МДж/кг (5565 ккал/кг).

Необходимо обратить внимание на относительно высокую теплотворную способность не только древесины, но и коры, хвои и шишек, которые традиционно считаются отходами и непосредственно сжигаются на лесосеках при выполнении различных видов рубок. По нашему глубокому убеждению, такой подход не соответствует пути комплексного и эффективного использования лесных ресурсов. Поэтому в дальнейшем целесообразно их непосредственное использование для получения дополнительной тепловой энергии на



местном уровне. Кроме того, необходимо использовать данное сырье для изготовления различных видов твердого искусственного топлива.

Таким образом, результаты изучения физических свойств древесины исследуемых видов сосны позволяют расширить и наметить пути рационального использования сырья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрійчук І.В.* Ефективність використання альтернативних паливно-енергетичних ресурсів в регіоні (на прикладі Івано-Франківської області) : автореф. дис. ... канд. екон. наук. Львів, 2006. 17 с.
2. *Божок О.П., Вінтонів І.С.* Деревинознавство с основами лісового товарознавства. К.: НМК ВО, 1992. 320 с.
3. *Боровиков А.М., Уголев Б.Н.* Справочник по древесине. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 296 с.
4. *Вінтонів І.С., Сопушинський І.М., Тайшингер А.* Деревинознавство. Львів: РВВ УкрДЛТУ, 2005. 256 с.
5. *Вихров В.Е.* Диагностические признаки древесины главнейших и лесопромышленных пород СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 132 с.
6. *Гомонай В.В.* Погляд на виробництво твердого біопалива з деревних відходів // *Нау. вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2009. Вип. 19.3. С. 113–117.
7. *Житков А.В.* Утилизация древесной коры. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 136 с.
8. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. із змінами від 25.09.2008 // ВВР. 2009. № 13. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.
9. Керівництво щодо використання деревної біомаси для вироблення енергії для Карпатського регіону / В. Гондурак, [та ін.]. К., 2001. 55 с.
10. *Коржов В.Л.* Значення біомаси дерев у процесі оптимізації енергетичного балансу України // *Наук. праці Лісівничої академії наук України*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2008. № 6. С. 20–24.
11. *Максимів Ю.В.* Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі з деревної біомаси // *Наук. вісник НЛТУ України*: зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. Вип. 20.8. С. 106–115.
12. *Передерій Н.О.* Формування ринку альтернативних джерел енергії з біомаси в Україні : автореф. дис. ... канд. екон. наук. К., 2009. 19 с.
13. *Перельгин Л.М.* Строение древесины. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 198 с.
14. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
15. Програма по організації виробництва та використання місцевих поновлювальних видів палива. Київ, 2009. Режим доступу : <http://govuadocs.com.ua>
16. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 368 с.
17. *Уголев Б.Н.* Испытания древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 251 с.
18. *Федоров Н.И.* Ход роста и физико-механические свойства древесных культур сосны веймутовой и сосны обыкновенной // *Сб. науч. работ / БелЛТИ. Минск: Изд-во БелГУ, 1958. Вып IX. С. 165–175.*

19. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. Морфологические особенности, диагностическое значение. Л.: Наука, 1979. 192 с.

20. Biomass Energy – Focus on Wood Waste. Energy Efficiency and Renewable Energy. U.S. Department of Energy, July 2004. Режим доступа: [http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/bamf\\_woodwaste.pdf](http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/bamf_woodwaste.pdf)

Поступила 17.05.13

*V.P. Ryabchuk<sup>1</sup>, T.V. Yuskevich<sup>1</sup>, V.M. Grib<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>National Forestry University of Ukraine

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

### **Physical Properties of Pine Wood**

The paper studies physical properties (density, porosity, radial, tangential and volumetric shrinkage, as well as calorific value of wood, bark, needles and cones) of pine species (gray pine, white pine, pitch pine, Austrian pine and Scots pine) growing in Ukraine.

*Keywords:* alien pine species, shrinkage, radial shrinkage, tangential shrinkage, volumetric shrinkage, density, porosity, calorific value, wood, bark, needles, cones.