



Е.А. Газеева
М.А. Тетерина

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Екатеринбург
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства

Е.А. Газеева
М.А. Тетерина

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Методические указания
для студентов специальности 250400.62 «Технология
лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»

Екатеринбург
2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 1 от 3 сентября 2014 года.

Рецензент – канд. с.-х. наук А.Ф. Уразова

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 16.02.15		Поз. 5
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящие методические указания предназначены для студентов специальности 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

До начала изучения дисциплины обучающийся должен прослушать теоретический курс лекций «Основы энергосбережения в ЛК», знать основные понятия и определения. Целью дисциплины является изучение теоретических основ и получение практических навыков расчетов в области повышения эффективности использования энергетических ресурсов в технологических процессах лесопромышленного комплекса.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать цели, задачи, области применения и основные понятия изучаемой дисциплины; интерпретировать результаты расчетов; иметь представление о взаимосвязи дисциплины с другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами; о роли дисциплины в профессиональной деятельности.

На практических занятиях студенты выполняют отчет индивидуально по своему варианту. Отчет выполняется на 10...15 страницах бумаги размером 210x297 мм (формат А4). Титульный лист оформляется с указанием учебного заведения, кафедры, специальности, предмета, наименования работы, года его выполнения, а также фамилии, имени, отчества студента и преподавателя.

Текст отчета может быть напечатан. Со всех сторон от текста на странице оставляются поля. Их размещение: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 10 мм и нижнее – 25 мм.

Отчет должен быть пронумерован по порядку: отсчет страниц начинается с титульного листа, листа задания (на них номера страниц не ставятся) и до последней страницы без пропусков. Номер страницы указывается внизу посередине арабской цифрой. Сводный цифровой материал оформляется в таблицы, а материал для иллюстрации – в виде рисунков. Таблицы, рисунки, формулы должны иметь сквозную нумерацию по всему проекту. В правом верхнем углу листа печатается слово «таблица» с порядковым номером (таблица 1), а ниже – название таблицы и затем вычерчивается таблица. В тексте необходимо давать ссылки на таблицы, рисунки и литературу. Исходные данные для расчетов берутся из прил. 2.

Законченный отчет сдается преподавателю на проверку с последующей защитой.

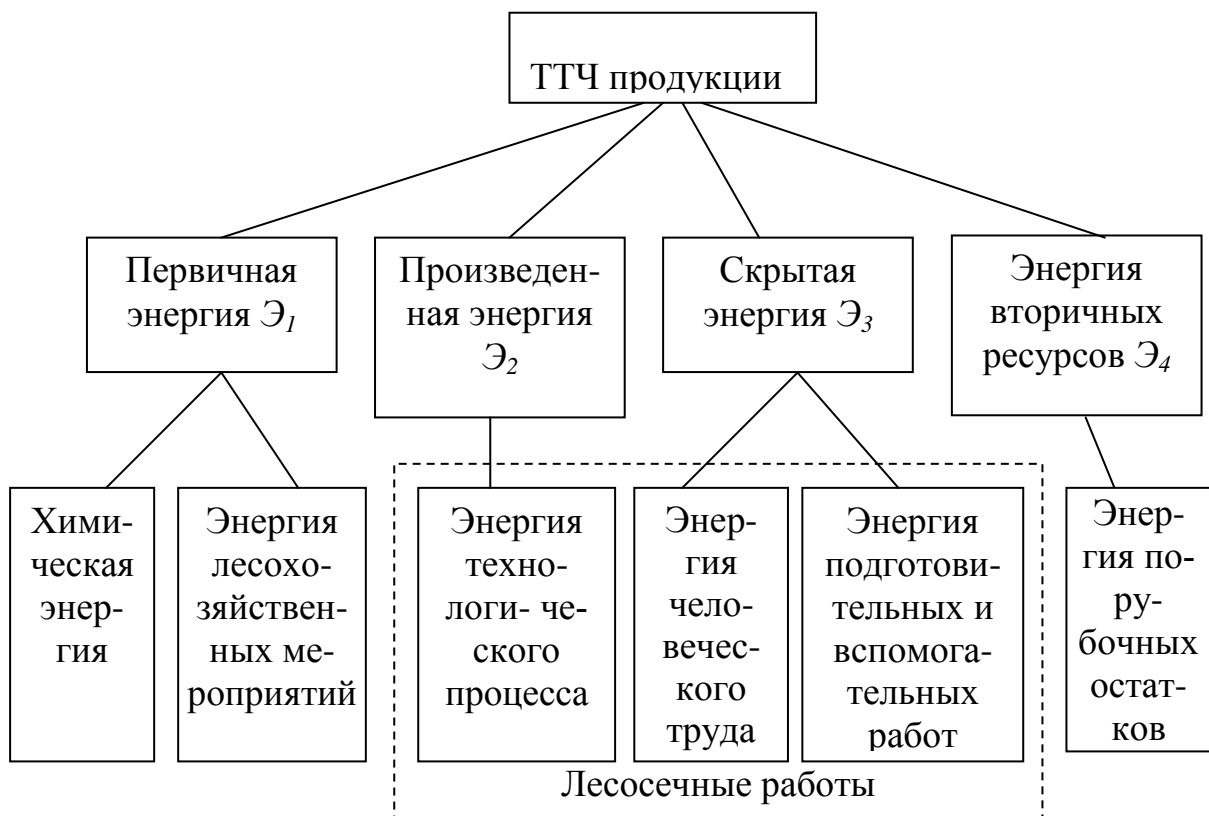
В прил. 1 приведены темы рефератов по дисциплине «Основы энергосбережения в ЛК».

ВВЕДЕНИЕ

Методика суммарного расчета энергоемкости технологического продукта была предложена в 80-х годах XX в. для народного хозяйства и названа методикой расчета технологических топливных чисел. Существенный вклад в разработку метода расчета технологического топливного числа был внесен в работах уральской школы УПИ под руководством В.Г. Лисиенко для технологических процессов в черной металлургии.

Сквозной энергетический анализ впервые применен для технологических процессов лесосечных работ. Основным показателем сквозного энергетического анализа является технологическое топливное число (ТТЧ) – затраты всех видов энергии в технологическом процессе, пересчитанные на необходимое для их получения условное топливо за вычетом вторичных энергоресурсов на единицу продукции. ТТЧ отражает объективные энергетические затраты технологического процесса, является показателем энергоемкости продукции лесосечных работ.

Структура ТТЧ процесса лесопользования представлена на рисунке.



Структура ТТЧ процесса лесопользования

Методика расчета технологических топливных чисел имеет ряд существенных особенностей, позволяющих достаточно точно и объективно проводить энергетический анализ эффективности использования энергии в технологическом процессе.

Основные из этих особенностей: введение технологического топливного числа как основной энергетической характеристики технологического процесса; последовательное сквозное применение ТТЧ; учет энергии вторичных ресурсов; использование в качестве средства анализа разработки на основе общей методологии индивидуальных методик расчета ТТЧ.

Определение и расчет всех составляющих технологического топливного числа осуществляется приведением всех видов энергии к единому показателю – условному топливу. Для этого используются энергетические коэффициенты, представленные в табл.1.

Таблица 1

Переводные теоретические коэффициенты энергии

Вид энергии	Эквивалент перевода в			
	электро- энергию, кВт * ч	тепловую энергию, ккал	тепловую энергию, ГДж	условное топливо, кг
Электроэнергия, кВт * ч	1	860	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,123
Тепловая энергия, ккал	$1,163 \cdot 10^{-3}$	1	$4,19 \cdot 10^{-6}$	$143 \cdot 10^{-6}$
Тепловая энергия, ГДж	$0,278 \cdot 10^3$	$0,239 \cdot 10^6$	1	34
Условное топливо, кг	8,141	7000	$29,33 \cdot 10^{-3}$	1

Обобщенный энергетический эквивалент человеческого труда в промышленности представляет собой величину, равную 0,043 кг у.т./чел.ч.

1. РАСЧЕТ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Первичная энергия \mathcal{E}_1 представляет собой химическую энергию древесины на момент ее созревания или на момент проведения рубок главного пользования с учетом суммарных затрат энергии на проведение комплекса работ, связанных с уходом в процессе роста дерева.

$$\mathcal{E}_1 = \sum_n ТТЧ_{p\partial} \varphi_{p\partial}, \quad (1)$$

$$ТТЧ_{p\partial} = Q_{\partial uo} + \sum_m ТТЧ_{лх}, \quad (2)$$

где $ТТЧ_{р\delta}$ – технологическое топливное число одного из n растущих деревьев, кг у.т./м³;

$ТТЧ_{лх}$ – технологическое топливное число каждого из m приемов лесохозяйственных мероприятий на этапе формирования древостоев, кг у.т./м³;

$Q_{био}$ – энергия биомассы древесины, кг у.т./м³;

$\varphi_{р\delta}$ – удельное содержание биомассы в растущем дереве.

1.1. Расчет химической энергии

Древесную биомассу в том виде, в котором она поступает в топку, называют рабочим топливом. Состав древесной массы, т.е. содержание в ней отдельных элементов, характеризуется следующим уравнением:

$$C + H + O + N + A + W = 100 \%, \quad (3)$$

где C, H, O, N – содержание в древесной массе соответственно углерода, водорода, кислорода и азота, %;

A, W – содержание в топливе соответственно золы и влаги.

Основной из примечательных особенностей стволовой древесины является стабильность элементарного состава горючей массы для всех пород.

Основные характеристики горючей массы стволовой древесины по породам представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные характеристики горючей массы стволовой древесины

Порода деревьев	Элементарный состав древесины				Выход летучих веществ на горючую массу, %	Теплота сгорания на горючую массу, кДж/кг
	C	H	O	N		
Хвойные	51,0	6,15	42,25	0,6	85	19 079
Лиственные	50,5	6,10	42,80	0,6	85	18 660
Смешанные	51,0	6,10	42,30	0,6	85	18 870

Для расчетов необходимо теплоту сгорания по породе (из задания по своему варианту) перевести из кДж/кг в кДж/м³ (умножить на плотность древесины 800 кг/ м³). Далее умножить на объем заготовки из задания. И перевести из кДж/м³ в гДж/м³.

Результат расчета перевести по табл. 1 из гДж в условное топливо.

1.2. Расчет энергии лесохозяйственных мероприятий

К лесохозяйственным работам относятся следующие виды работ: отвод лесосек, проведение рубок ухода всех видов, рубка и расчистка

квартальных просек, установка и ремонт межевых знаков, очистка леса от захламленности; лесозащитные работы: предупредительные и истребительные меры борьбы с вредными насекомыми и заболеваниями лесных насаждений; лесовосстановительные работы: содействие естественному возобновлению, закладка лесосеменных питомников, сбор и переработка семян, выращивание посадочного материала, подготовка почвы, посев и посадка деревьев, агротехнические и лесоводственные уходы; мероприятия по охране леса от пожаров: устройство противопожарных барьеров, защитных минерализованных полос, разрывов, заслонов, опушек, канав и уход за ними, а также организация и содержание пожарно-химических станций и пожарных вышек, радио- и телефонной связи; работы по защитному лесоразведению: посев и посадка защитных насаждений.

Трудозатраты на лесохозяйственные работы приведены в табл.3.

Таблица 3

Трудозатраты на лесохозяйственные мероприятия

Вид работ	Объем работ	Трудоемкость, чел.-дн.
1. Выращивание посадочного материала:		
- обработка почвы при глубине рыхления до 10 см под посев семян на средней почве, м ²	10 000	103
- рыхление предварительно обработанной площадками почвы, м ²	10 000	27
- посев семян, м ²	40 000	13
2. Посадка лесных культур, шт.	27 000	63
3. Уход за лесными культурами, шт.	27 000	142

Рассчитать трудозатраты на лесохозяйственные мероприятия в соответствии с объемом из задания.

Результат расчета перевести по табл. 1 из чел.-дн. в условное топливо.

2. РАСЧЕТ ПРОИЗВЕДЕННОЙ ЭНЕРГИИ

Произведенная энергия \mathcal{E}_2 представляет собой энергетические затраты по выполнению технологического процесса лесосечных работ. Она формируется из энергозатрат, связанных с работой энергетических установок систем машин, механизмов, оборудования, механизированных инструментов, и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum_k TTЧ_i \varphi_i, \quad (4)$$

где $TTЧ_i$ – технологическое топливное число i -й из k операций технологического процесса, кг у.т./м³;

φ_i – удельное производство продукции при выполнении i -й операции.

2.1. Расчет энергии технологического процесса лесосечных работ

Необходимо рассчитать задание бригаде, м³:

$$Q_{бр} = n_M H_v K_{см} K_y, \quad (5)$$

где n_M – число ведущих механизмов в бригаде, шт;

H_v – норма выработки на машино-смену, м³/см;

$K_{см}$ – коэффициент сменности;

K_y – коэффициент перевыполнения норм выработки, $K_y = 1,10 \dots 1,15$.

Число бригад, шт., рассчитывается по формуле

$$n_б = \frac{Q_{см}}{Q_{бр}}, \quad (6)$$

где $Q_{см}$ – сменный объем работ для каждой системы машин, м³.

Студент определяет общую потребность в рабочих (табл. 4) на основных работах предприятия по каждой операции в отдельности с учетом нормы выработки, взятой из Единых норм времени и расценок на лесозаготовительные работы (ЕНВиР), или рассчитывает производительность каждого механизма по формулам.

Таблица 4

Расчет числа рабочих на предприятии

Выполняемая операция	Задание бригаде, м ³	Норма выработки, м ³ /смену	Марка машины или оборудования	Число рабочих	
				по норме	принятое

Состав операций зависит от принятого технологического процесса и системы машин.

Рассчитать объем дизельного топлива и масел в год с учетом нормы расхода (табл. 5, 6, 7), числа механизмов, числа бригад.

Таблица 5

Нормы расхода ГСМ для комплекса «John Deere»

Наименование ГСМ	Комплекс	
	харвестер	форвардер
Дизельное топливо, л/мото-ч	15,0	11,0
Моторное масло, л/мото-ч	0,090	0,090
Гидравлическое масло, л/мото-ч	0,14	0,14
Трансмиссионное масло, л/мото-ч	0,065	0,065
Пластинчатая смазка, кг/ мото-ч	0,20	0,20
Дизельное масло для смазки цепей (М8Г2), л/м ³	0,03	-

Таблица 6

Нормы расхода ГСМ для комплекса «Tigercat», сортиментная технология

Наименование ГСМ	Комплекс	
	харвестер	форвардер
Дизельное топливо, л/мото-ч	19	11
Моторное масло, л/мото-ч	0,13	0,13
Гидравлическое масло, л/мото-ч	0,14	0,14
Трансмиссионное масло, л/мото-ч	0,03	0,03
Пластинчатая смазка, кг/ мото-ч	0,02	0,02
Дизельное масло для смазки цепей (М8Г2), л/м ³	0,03	-

Нормы расхода ГСМ для комплекса «Tigercat», хлыстовая технология

Наименование ГСМ	Наименование механизмов		
	ВПМ	Скиддер	Процессор
Дизельное топливо, л/мото-ч	32,0	25,0	19,0
Моторное масло, л/мото-ч	0,15	0,13	0,13
Гидравлическое масло, л/мото-ч	0,14	0,14	0,14
Трансмиссионное масло, л/мото-ч	0,03	0,03	0,03
Пластинчатая смазка, кг/ мото-ч	0,02	0,02	0,02
Дизельное масло для смазки цепей (М8Г2), л/м ³	-	-	0,03

Расход ГСМ для бензопилы: бензин – 10 л в месяц; моторное масло – 50 % от объема бензина; пластинчатая смазка – 2 от объема бензина.

Плотность дизельного топлива – 0,850 кг/л, бензина – 0,74 кг/л, плотность масел – 0,885 кг/л. 1 кг дизельного топлива равен 1,45 кг у.т.

Теплота сгорания (МДж/кг) для ГСМ приводится ниже.

Бензин	43,64
Масло моторное.....	42,0
Пластинчатая смазка.....	41,87
Масло гидравлическое.....	43,11
Масло трансмиссионное.....	42,7
Масло дизельное.....	43,4

Результаты перевести из мДж/кг в гДж/кг и по табл. 1 из гДж/кг в условное топливо.

3. РАСЧЕТ СКРЫТОЙ ЭНЕРГИИ

Скрытая энергия \mathcal{E}_3 – это затраты человеческого труда на выполнение основного технологического процесса, подготовительных и вспомогательных работ.

Оценка человеческого труда в энергетических единицах предложена С.А. Подолинским. Обобщенный энергетический эквивалент человеческого труда в промышленности представляет собой величину, равную 0,043 кг у.т./чел.ч.

3.1. Расчет энергии человеческого труда на подготовительных работах

К подготовительным работам как элементу первичной энергии относятся следующие виды работ: отвод лесосек, проведение рубок ухода всех видов, разрубка и расчистка квартальных просек, установка и ремонт межевых знаков, очистка леса от захламленности, лесозащитные работы, лесовосстановительные работы, мероприятия по охране леса от пожаров, работы по защитному лесоразведению, уборка опасных деревьев, разметка волоков, разрубка зоны безопасности и мест стоянки оборудования, перебазировки бригад из одной лесосеки на другую, разрубка трассы дороги, устройство лесопогрузочных пунктов. После выбора состава подготовительных работ производится расчет трудозатрат T , чел.-дн.:

$$T = \frac{Q}{q} \left(A + \frac{B}{S} + \frac{KC}{100v} \right), \quad (7)$$

где Q – годовая программа, м³;

q – запас леса на 1 га, м³;

A – трудозатраты на подготовку 1 га лесосеки одним рабочим, $A = 0,5 \dots 1,5$ дня;

B – трудозатраты на подготовку одного погрузочного пункта рабочим, $B = 0,1 \dots 2,0$ дня;

S – площадь, тяготеющая к одному погрузочному пункту, $S = 5 \dots 8$ га;

K – коэффициент, учитывающий вырубку, гари и т.д., $K = 1,0 \dots 1,2$;

C – трудозатраты на строительство 1 км уса одним рабочим: $C = 10 \dots 15$ дней;

v – ширина полосы леса, осваиваемой с одного уса, км.

Результат расчета перевести по табл. 1 из чел.-дн. в условное топливо.

3.2. Расчет энергии человеческого труда на основных работах

Необходимо рассчитать количество рабочих на лесосечных работах в соответствии с количеством механизмов и машин. Составить ведомость, включая мастера леса. Рассчитать количество чел.-дн. на лесосечных работах.

Результат расчета перевести по табл. 1 из чел.-дн. в условное топливо.

3.3. Расчет энергии человеческого труда на вспомогательных и заключительных работах

Вспомогательные работы – те работы, которые сопутствуют технологическому процессу лесосечных работ: обустройство мастерского участка, бытовое обслуживание рабочих, техническое обслуживание машин и техники, уход за инструментом, материально-техническое снабжение, уход

за трелевочными волоками, содержание и ремонт лесовозной дороги, охрана механизмов и др. Вышеперечисленные трудозатраты представлены в табл. 8.

Таблица 8

Трудозатраты на вспомогательных работах

Виды работ	Единица измерения	Нормы трудозатрат, чел.-дн.
Содержание и ремонт механизмов и оборудования	чел.-дн. на машино-смену	Харвестер – 2 Форвардер – 1,8 ВПМ - 0,64 Скиддер – 0,52 Процессор – 1,9 БМП - 0,45
Перебазирование бригад на новую лесосеку	чел.-дн. на 1000 м ³ вывезенного леса	3,5
Доставка ГСМ, запчастей и других материалов	чел.-дн.	1,0
Точка и правка лесозаготовительного инструмента	чел.-дн. на 1000 м ³ вывезенного леса	5,0
Доставка рабочих к месту работы и обратно	чел.-дн. на смену	1,0
Охрана оборудования	чел.-дн.	845
Содержание тракторных трелевочных волоков	чел.-дн. в смену	0,5

Заключительные работы. Очистка мест рубок от лесосечных отходов, образующихся в процессе валки, трелевки, очистки деревьев от сучьев – заключительная операция лесосечных работ (табл. 9).

Таблица 9

Трудозатраты на очистку лесосек

Способ очистки	Нормы выработки, чел.-дн./га	Число лесосек в году, шт.	Площадь одной лесосеки, га	Общая площадь лесосек, га	Годовые трудозатраты, чел.-дн.	Число рабочих, чел.
Вручную со сжиганием порубочных остатков	4,00	15	7,5	112,5	450	2
Вручную с измельчением и разбрасыванием	3,33	15	7,5	112,5	375	2

Результат расчета перевести по табл. 1 из чел.-дн. в условное топливо.

4. РАСЧЕТ ЭНЕРГИИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Энергия вторичных ресурсов \mathcal{E}_4 представляет собой энергию, которую можно рекуперировать в технологический процесс лесосечных работ за счет использования вторичных энергоресурсов, например порубочных остатков. Энергетический запас, которым характеризуются порубочные остатки, может быть направлен на воспроизводство и возмещение потерь питательных веществ в результате лесосечных работ.

$$\mathcal{E}_4 = \mathcal{E}_{\text{теп}} = \mathcal{E}_{\text{хим}}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\text{теп}}$ и $\mathcal{E}_{\text{хим}}$ – соответственно тепловая и химическая энергии, которые могут быть получены из вторичных ресурсов.

На основании многочисленных исследований, проведенных ЦНИИМЭ, ВНИПИЭИлеспромом, а также различными авторами при составлении массовых таблиц и других таксационных материалов, установлено, что имеется зависимость между количеством вывозимой стволовой древесины и количеством отходов лесосечных работ. Средние данные о количестве отходов по классам и видам приведены в табл. 10.

Таблица 10

Количество отходов лесосечных работ

Наименование отходов лесозаготовок	Количество отходов от вывезенной древесины с лесосеки, %
1. Твердые или кусковые отходы:	
- ветки, сучья, вершины	14,00
- корни	11,00
- пни	3,00
- откомлевки	1,75
- козырьки	0,75
2. Мягкие древесные отходы (опилки)	1,00
3. Кора и луб:	
- кора и луб сучьев, ветвей и вершин	3,00
- кора средней и комлевой частей дерева	12,00
4. Древесная зелень (хвоя и листья)	36 кг на 1 пл. м ³ вывез. древесины
5. Древесная лапка, тонкие ветви и недревесневшие побеги	20 кг на 1 пл. м ³ вывез. древесины

Для расчетов необходимо теплоту сгорания по породе (из задания по своему варианту) перевести из кДж/кг в кДж/м³ (умножить на плотность

древесины 800 кг/ м³). Далее умножить на объем заготовки из задания. И перевести из кДж/ м³ в гДж/м³.

Результат расчета перевести по табл. 1 из гДж в условное топливо.

5. РАСЧЕТ ТТЧ ПРОДУКЦИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

По определению технологическое топливное число, кг у.т./м³, выражается

$$ТТЧ = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4. \quad (6)$$

Сформулировать вывод по расчетам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Темы рефератов по дисциплине «Основы энергосбережения в ЛК»

1. Развитие методов комплексного анализа затрат топлива и энергии.
2. Оценка затрат человеческого труда в энергетическом исчислении.
3. Особенности расчетов полной энергоемкости продукции промышленных предприятий.
4. Применение ГИС для оценки ресурсов древесной биомассы, пригодной для энергетического использования.
5. Российские и европейские стандарты на топливо из древесной биомассы.
6. Сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов при замене ископаемого топлива древесной биомассой.
7. Стратегия развития производства энергии с использованием древесной биомассы.
8. Физико-химические процессы при прямом сжигании древесины или древесного топлива с улучшенными потребительскими свойствами для производства тепловой и/или электрической энергии.
9. Физико-химические процессы при газогенерации, типы газогенераторов.
10. Энергетическое использование древесной биомассы и борьба с глобальным потеплением.
11. Механизмы Киотского протокола в развитии лесной биоэнергетики в России.

Исходные данные для расчетов

№ варианта	Насаж- дение	Конечное состояние ТП	Годовой объем заготовки, тыс.м ³	Комплект машин	Объем хлыста (сорти- мента)	Запас на 1 га, м ³
1	2	3	4	5	6	7
1	Хвойное	Сортимент	120	Х+Ф	0,3	160
2	Лиственное	Сортимент	140	Х+Ф	0,4	180
3	Смешанное	Дерево	185	ВПМ+ Скиддер	0,5	280
4	Лиственное	Хлыст	150	ВПМ+ Скиддер+ Процессор	0,4	240
5	Хвойное	Сортимент	110	БМП+Ф	0,15	160
6	Лиственное	Хлыст	180	БМП+ Скиддер	0,32	200
7	Смешанное	Сортимент	65	БМП+Ф	0,28	280
8	Хвойное	Хлыст	90	БМП+ Скиддер + Процессор	0,24	180
9	Смешанное	Хлыст	100	ВПМ+ Скиддер+ Процессор	0,28	160
10	Лиственное	Сортимент	70	Х+Ф	0,32	240
11	Лиственное	Хлыст	50	БМП+ Скиддер + Процессор	0,26	220
12	Смешанное	Сортимент	40	Х+Ф	0,36	180
13	Хвойное	Хлыст	185	ВПМ+ Скиддер+ Процессор	0,36	200

Окончание прил. 2						
1	2	3	4	5	6	7
14	Лиственное	Сортимент	50	БМП+Ф	0,24	280
15	Хвойное	Дерево	70	БМП+ Скиддер	0,44	240
16	Смешанное	Дерево	85	ВПМ+ Скиддер	0,42	230
17	Лиственное	Сортимент	65	ВПМ+ Скиддер+ Процессор	0,1	180
18	Хвойное	Сортимент	90	Х+Ф	0,12	210
19	Лиственное	Дерево	50	ВПМ+ Скиддер	0,39	220
20	Смешанное	Сортимент	120	Х+Ф	0,15	190

Рекомендуемая литература

1. Никишов, В.Д. Комплексное использование древесины [Текст]: учебник для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 264 с.
2. Никишов, В.Д. Комплексное использование древесины [Текст]: учебник для вузов / В.Д. Никишов, А.А. Шадрин, В.А. Макуев – М.: МГУЛ, 1986. – 189 с.
3. Сажин, В.С. Комплексное использование древесины [Текст]: учеб. пособие / В.С. Сажин, А.А. Титунин, А.Н. Новиков – Кострома: Костром. гос. технолог. ун-т, 1997. – 82 с.
4. Вторичные материальные ресурсы в лесной и деревообрабатывающей промышленности (образование и использование) [Текст]: справочник. – М.: Экономика, 1983. – 224 с.
5. Цыгарова, М.В. Комплексное использовании древесины [Текст]: метод. указ. / М.В. Цыгарова – Ухта: УГТУ, 2010. – 47 с.
6. Левин, А.Б. Теплотехнический справочник студента [Текст]: учеб. пособие / А.Б. Левин, Ю.П. Семенов. – М.: МГУЛ, 1980. – 228 с.
7. Лесная биоэнергетика [Текст]: учеб. пособие / под ред. Ю.П. Семенова.– М.: МГУЛ, 2008. – 196 с.