

Число строк матрицы равно числу возможных структур ремонтного цикла т.е. 2. Путём последовательного перемножения оснований рассчитываются коэффициенты  $q_i$ , произведения которых на  $t_{\min}$  останавливаются межремонтный период. Для всех возможных структур определяются затраты на техническое обслуживание и ремонт с учётом убытков от простоев по формуле

$$C = \left[ \sum_{i=1}^{n_1} q_{1i} \left( \frac{t_{\text{ц}}}{t_{1i}} - 1 \right) + \sum_{i=1}^{n_2} q_{2i} \left( \frac{t_{\text{ц}}}{t_{2i}} - 1 \right) + \sum_{i=1}^{n_p} B_i \left( \frac{t_{\text{ц}}}{t_i} - 1 \right) + g\omega t_B \right] \rightarrow \min,$$

где  $q_{1i}$  – затраты на  $i$ -е работы с назначаемой периодичностью, руб;  $q_{2i}$  – затраты на  $i$ -е работы с оптимальной периодичностью, руб;  $t_{\text{ц}}$  – наработка лесопогрузчика за ремонтный цикл, мото-ч;  $B_i$  – средняя продолжительность одного простоя при ремонте, ч;  $\omega$  – интенсивность отказов за ремонтный цикл, определяется эмпирическим путём;  $t_B$  – среднее время восстановления, ч;  $n_p$  – количество работ по ремонту.

Данная методика позволяет рассчитать текущие ремонты, которые раньше не планировались, а производились по потребности, и время проведения капитального ремонта, которое составляет для лесопогрузчика по системе ППР 3840 мото-ч (расчётом получено 3852 мото-ч). За весь срок службы (как правило) лесопогрузчик подвергается одному капитальному ремонту.

УДК 62-66

Ю.Л. Юрьев, И.К. Гиндулин  
(Y.L. Yuriev, I.K. Gindulin)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)  
С.А. Самойленко  
(S.A. Samoilenko)  
УТДУ, Н.Тагил  
(UTC, N.Tagil)

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА  
ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ**  
(EFFICACY OF SOLID BIOFUELS OF THE SECOND GENERATION  
FOR SMALL DISTRIBUTED ENERGY)

*Проведено сравнение эффективности применения некоторых видов  
твёрдого биотоплива в энергетике.*

*The effectiveness of the use of certain kinds of solid biofuels in the energy  
sector are comparison*

Биотопливо второго поколения – топливо, произведенное из непищевого растительного сырья. По данным табл. 1 можно провести сравнение теплотворной способности основных видов биотоплива и минерального топлива.

Наибольшую теплотворную способность из приведенных видов твердого биотоплива имеют древесный уголь и дегидратированная (высушенная особым образом) древесина.

Таблица 1

Теплотворная способность различных видов топлива

№	Вид топлива	Теплотворная способность, ккал/кг (мДж/кг)	Примечания
1	Дрова	2500,0(10,5)	Для свежесрубленной древесины
		4950,0(20,7)	Для абсолютно сухой древесины
		5930,0(24,8)	Для дегидратированной древесины
2	Брикеты древесные	3800,0(15,9)	Для брикетов из опила и коры
		4550,0(19,1)	Для брикетов из окоренной стволовой древесины
3	Уголь-антрацит	От 7000(29,3) до 8100(33,9)	
4	Торфобрикеты	4200(17,6)	При стандартной влажности 40 %
		5400(21,9)	При влажности 10 %
5	Брикеты из лигнина	5600(23,6)	При влажности 4–6 %
6	Древесный уголь	От 7800(32,7) до 8300(34,8)	В зависимости от содержания углерода и зольности

В табл. 2 дана информация по эффективности использования биотоплива по сравнению с эффективностью минерального топлива.

Таблица 2

Рабочая теплотворная способность различных видов топлива

№	Вид топлива		Теплотворная способность, ккал/кг (мДж/кг)		
			Q <sub>низш.</sub> ккал/кг (мДж/кг)	КПД топки	Эффективная рабочая теплота сгорания Q <sub>раб.</sub> ккал/кг (мДж/кг)
1	Дрова	Свежеспиленная древесина	2050(8,6)	0,75	1322(5,5)
		Абс. сухая древесина	4200(17,6)	0,77	2850(11,0)
		Дегидратированная древесина	5450(22,8)	0,80	3920(16,4)
2	Брикеты древесные	Из опила и коры	3250(13,6)	0,76	2170(9,1)
		Из окоренной древесины	3950(16,6)	0,76	2640(11,1)
3	Уголь-антрацит	Стандартный	7400(31,0)	0,94	6880(28,9)
4	Торфобрикет	40 % – влажность	3650(15,3)	0,76	2440(10,2)
		10 % – влажность	4800(20,1)	0,78	3290(13,8)
5	Брикет из лигнина	Влажность 4–6 %	5070(21,2)	0,79	3560(14,9)
6	Древесный уголь	Стандартный	7700(32,3)	0,94	7160(30,0)

Чем ниже теплотворная способность топлива, тем меньше кислорода требуется для сжигания единицы его массы в сравнении с более богатыми горючими веществами топливами. Показатель расхода кислорода на единицу массы авторы считают неактуальным в отличие от удельного выделения CO<sub>2</sub> в атмосферу. В табл. 3 приведены данные по выделению CO<sub>2</sub> на единицу вырабатываемого тепла отдельными видами топлив.

Таблица 3

Выделение CO<sub>2</sub> на единицу вырабатываемого тепла

№ п/п	Вид топлива	Выделение CO <sub>2</sub> ,кг/Гкал, (кг/МДж)
1	Пропан	248 (0,059)
2	Брикеты древесные	538 (0,128)
3	Древесный уголь	325 (0,078)

С точки зрения выбросов в окружающую среду, пропан и древесный уголь имеют значительное преимущество перед древесными брикетами.

Нужно также учесть, что при применении более качественных топлив снижаются затраты на теплогенерирующее оборудование в соотношении, примерно равном соотношению реальных теплотворных способностей топлив. Сравнительная эффективность топлив приведена в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная эффективность топлив

Вид топлива		Рабочая теплота сгорания Q <sub>раб</sub> , ккал/кг (МДж/кг)	Капитальные затраты на единицу тепловой мощности*
Дрова	Свежеспиленная древесина	1322(5,5)	5,6
Дрова	Абс. сухая древесина	2850(11,0)	2,5
Дрова	Дегидратированная древесина	3920(16,4)	1,8
Брикеты	Опилки + кора	2170(9,1)	3,3
Брикеты	Древесина	2640(11,1)	2,7
Уголь-антрацит	Стандартный	6880(28,9)	1,04
Торфо-брикет	Влажность 40 %	2440(10,2)	2,9
Торфо-брикет	Влажность 10 % -	3290(13,8)	2,2
Брикет из лигнина	Влажность 4–6 %	3560(14,9)	2,0
Древесный уголь	Стандартный	7160(30,0)	1,0
Пропан		10990(46,0)	0,65

\* относительно капитальных затрат при использовании древесного угля.

Из данных табл. 4 видно, что наименьших капитальных затрат на использование в качестве топлива из рассмотренных видов биотоплива требуют древесный уголь (затраты на уровне каменного угля), а также дегидратированная древесина и брикеты из лигнина.