

ность делигнификации древесины от толщины щепы при кислородно-щелочной варке / Л. О. Иоффе, П. И. Зеликман, Ю. С. Иванов и др. // Химия древесины.— 1984.— № 6.— С. 49—53. [5]. Никитина О. В., Евтюгин Д. В., Дейнеко И. П. Окисление лигнина кислородом в органических растворителях // Тез. докл. 7-й Всесоюз. конф. по химии и использованию лигнина.— Рига, 1987.— С. 62—64.

УДК 674.047 : 536.75

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Л. Н. КРОТОВ, Л. Д. АХРЯМКИНА

Сибирский технологический институт

Сокращение энергетических затрат при камерной сушке пиломатериалов — одна из актуальных задач в деревообрабатывающей промышленности. Для решения этой задачи необходимо использовать термодинамический аппарат, который позволяет оценить степень совершенства энергетических процессов, происходящих в лесосушильных камерах.

В настоящее время оценка экономичности лесосушильных камер базируется на энергетическом методе, основанном на первом законе термодинамики — законе сохранения энергии. Использование этого метода в сложных технологических системах, где применяют различные виды энергии (тепловая, электрическая, механическая и т. д.) и разные рабочие тела-теплоносители (влажный воздух, пар, горячая вода), приводит часто к искаженной картине распределения энергетических затрат (потерь) в различных узлах схемы. Так, например, энергетический метод не определяет потери от необратимости внутри системы. При использовании этого метода низкокачественную тепловую энергию приравнивают к организованным видам энергии, каковыми являются электрическая и механическая энергии.

При анализе работы лесосушильных камер в отраслевой лаборатории Сибирского технологического института был использован более совершенный эксергетический метод термодинамического анализа энергетических процессов, основанный на втором законе термодинамики.

Идея эксергетического метода заключается в том, что любые потоки энергии и энергоносителей оценивают по той максимальной работе (эксергии), которую они могут производить при данных параметрах окружающей среды (температуре, давлении и влагосодержании).

С точки зрения инженерно-энергетических позиций, практический интерес представляют лишь те потоки энергии и энергоносителей, параметры которых (или хотя бы один) отличаются от параметров окружающей среды.

Эксергия выступает в роли базового показателя, учитывающего как качество, так и количество энергии. Так, например, удельную эксергию потока вещества e определяют по следующей формуле:

$$e = (h - h_0) - T_0 (s - s_0),$$

где h и s — соответственно энтальпия и энтропия потока;

h_0 и s_0 — то же при параметрах окружающей среды;

T_0 — температура окружающей среды.

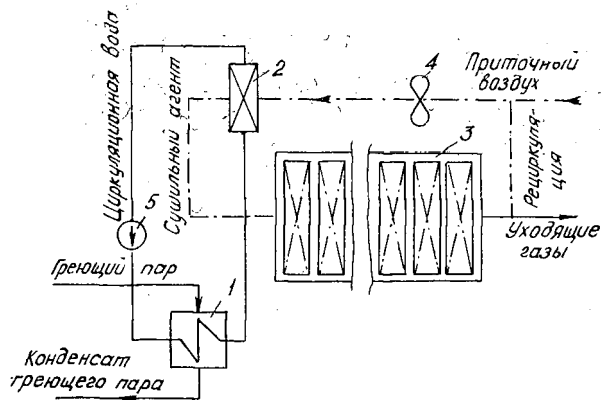


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема лесосушильной камеры СП-5КМ-3М: 1 — бойлер; 2 — калориферы; 3 — сушильное пространство; 4 — основные вентиляторы; 5 — циркуляционный насос

Достоинство эксергетического метода в том, что он позволяет не только выявить в полной мере очаги потерь, но и определить причины, вызывающие их, а также степень влияния этих потерь на различные стадии технологического процесса. Эксергетический метод в совокупности с технико-экономическим анализом позволяет точнее определить наиболее экономичные режимы работы лесосушильных камер при сохранении рациональной технологии сушки.

На рис. 1 представлена принципиальная схема лесосушильной камеры непрерывного действия СП-5КМ-3М (проект Гипродрева).

Результаты сравнительного анализа работы этой камеры при сушке лиственничных пиломатериалов в нормальном режиме энергетическим и эксергетическими методами приведены в таблице.

Энергетический и эксергетический балансы лесосушильной камеры СП-5КМ-3М

Статьи балансов	Энергия		Эксергия	
	кВт	%	кВт	%
Приход:				
греющий пар	469,05	54,25	150	61,27
испаренная влага в рециркуляционном потоке	341,92	39,55	80,28	32,79
приточный воздух	39,10	4,52	—	—
электроэнергия	14,53	1,68	14,53	5,94
Итого	864,6	100	244,81	100
Расход:				
испаренная влага	359,91	41,63	84,5	34,52
Потери:				
бойлер	23,45	2,71	34,35	14,03
в том числе: а) теплоотдача в окружающую среду	23,45	2,71	7,55	3,08
б) необратимость процесса теплообмена	—	—	26,80	10,95
калорифер	—	—	39,49	16,13
в том числе: а) необратимость процесса теплообмена	—	—	39,06	15,96
б) гидравлические потери	—	—	0,42	0,17
сушильное пространство	85,69	9,91	9,85	4,02
в том числе: а) прогрев материала	72,09	8,34	3,98	1,62
б) теплоотдача в окружающую среду	13,6	1,57	2,15	0,88
в) гидравлические потери	—	—	1,82	0,74
г) необратимость процессов тепло- и массообмена, смешения испаренной влаги с сушильным агентом	—	—	1,9	0,78
уходящие газы	381,02	44,07	48,65	19,87
смешение рециркуляционного потока с приточным воздухом	—	—	18,70	7,64
электроэнергия	14,53	1,68	9,27	3,79
Всего	864,6	100	244,81	100

Из данных таблицы видно, что статьи балансов эксергетического метода значительно шире и распределение энергетических затрат (потерь) по статьям балансов различно.

Так, например, потери тепловой энергии в бойлерной установке по тепловому балансу составили всего 2,71 %; в статье эксергетического баланса они значительно больше — 14,03 %. Из результатов эксергетического анализа работы калориферной установки следует, что в действительности калориферы работают с энергетическими потерями (по расчету до 16,13 %), в то время как энергетический (энтальпийный) анализ показывает, что здесь потерь нет.

Интересно сравнить потери с уходящими газами. Оказалось, что эксергия этого потока невелика и потери составляют 19,87 % (44,07 % по энергетическому балансу).

Известно, что энергетическая эффективность лесосушильной камеры характеризуется коэффициентом полезного действия (кпд) η , который определяют одинаково для обоих методов анализа:

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{исп}}}{\mathcal{E}_{\text{подв}}}$$

Здесь $\mathcal{E}_{\text{исп}}$ — энергия (эксергия), затраченная на испарение влаги из высушиваемого материала;

$\mathcal{E}_{\text{подв}}$ — сумма всех видов энергий, подведенных к камере.

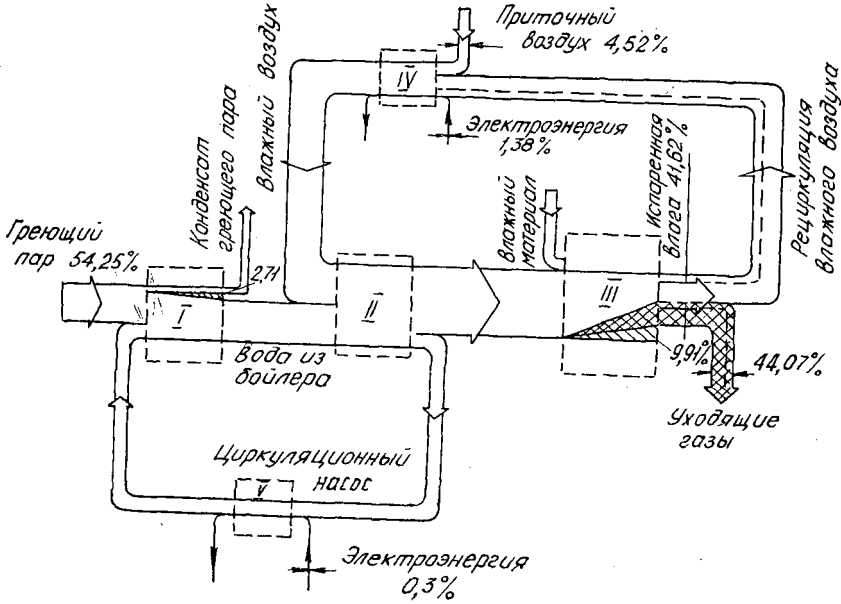


Рис. 2. Диаграмма потоков энергии лесосушильной камеры СП-5KM-3M: I — бойлер; II — калориферы; III — сушильное пространство; IV — основные вентиляторы; V — циркуляционный насос

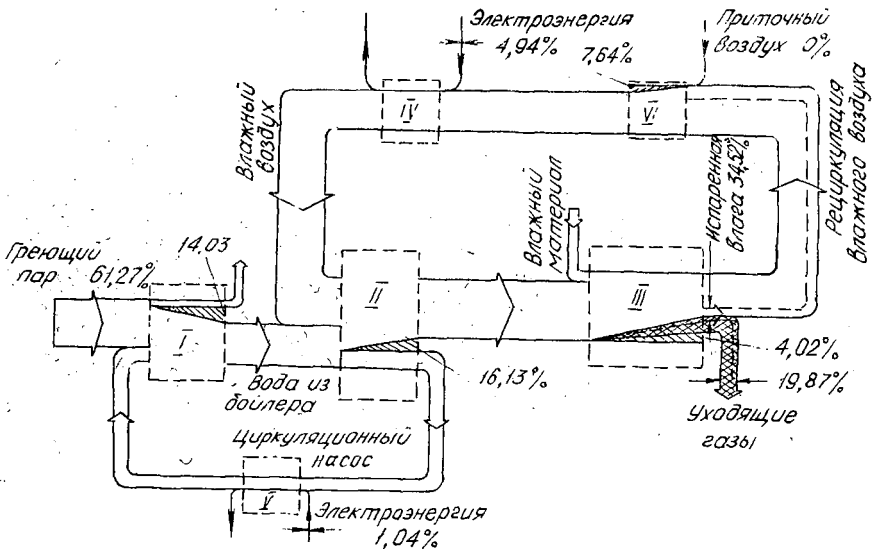


Рис. 3. Диаграмма потоков энергии лесосушильной камеры непрерывного действия СП-5KM-3M: I — бойлер; II — калориферы; III — сушильное пространство; IV — основные вентиляторы; V — циркуляционный насос; VI — место смешения приточного воздуха с рециркуляционным потоком

Расчеты показали, что кпд лесосушильной камеры по эксергетическому балансу ниже (34,52 %), чем в статьях энергетического баланса (41,62 %).

На рис. 2 и 3 представлены диаграммы потоков энергии и эксергии в соответствии с принципиальной схемой лесосушильной камеры СП-5КМ-3М.

Следовательно, эксергетический метод позволяет проводить более полный и более глубокий анализ энергетических процессов и более оптимально решать задачи рационального расходования энергии в лесосушильных камерах.

УДК 631.62(252.6)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДООТДАЧИ ТОРФА С УЧЕТОМ ЭНЕРГИИ СВЯЗИ ВОДЫ С ЕГО ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ

Е. П. КОПТЕЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Современные болота лесотаежной зоны (избыточно увлажненные) образовались в последний геологический период. Площадь торфяных массивов достигает десятков тысяч квадратных километров. В естественных условиях торфяная залежь находится в равновесном состоянии, которое нарушается при проведении лесомелиоративных работ.

Для рассмотрения равновесия и движения твердой и жидкой фаз относительно друг друга можно пользоваться полным потенциалом [3, 4]. Движение влаги определяется как реологическими свойствами жидкости [1, 2], так и энергией связи влаги с твердыми частицами [7]. Для полностью водонасыщенной системы движение влаги может происходить под действием сил тяжести (гравитационного потенциала) или избыточного давления в поровой жидкости P . Полный потенциал влаги Π можно представить как сумму гравитационного Π_g , капиллярного Π_k , осмотического Π_o , пневматического Π_n [4].

При осушении (дренировании) наиболее существенны гравитационный и капиллярный потенциалы, когда скелет торфа получает наибольшие деформации. Осмотический, температурный, пневматический потенциалы проявляются при малой влажности торфов, например в процессе сушки [6].

Гравитационный потенциал зависит от начала отсчета, который может быть совмещен с поверхностью уровня грунтовых вод [4]. В этом случае

$$\Pi = \mu - gH, \quad (1)$$

где μ — полный потенциал;
 g — ускорение силы тяжести;
 H — уровень грунтовых вод.

Капиллярный потенциал связи влаги с твердой фазой характерен для трехфазной системы и определяется радиусом менисков воды (в капиллярах), поверхностным натяжением влаги, а также степенью увлажнения собственных частиц торфа [4]:

$$\Pi_k = \frac{P_k}{\rho}, \quad (2)$$

где P_k — капиллярные силы;
 ρ — плотность жидкости.

Поскольку энергия связи капиллярной воды зависит от диаметра капилляров, то в торфяных грунтах по мере их уплотнения Π_k будет изменяться. Используя методику определения потенциала почвенной влаги для минеральных грунтов [3], можно получить кривые влажности $W(P)$, а также зависимость коэффициентов пористости от давления.

Для жестких грунтовых систем изменением ϵ можно пренебречь, что недопустимо для торфяных структурно-неустойчивых грунтов. Зависимость коэффициента пористости от приложенного внешнего давления устанавливается с помощью компрессионных испытаний. В начальный момент времени всю нагрузку воспринимает поровая вода, а затем нагрузка перераспределяется между поровой водой и скелетом грунта. По количеству отжатой влаги можно оценить энергию связи с ее твердой фазой.

Зависимости $W(P)$ и $\epsilon(P)$ нами исследованы на мембранном прессе, схема которого представлена на рис. 1. Установка состоит из мембранного пресса 1, ростверка с манометром 2, компрессора 3. Днище мембранного пресса перфорированное. Для создания необходимых условий отжатия влаги из образцов торфа 4 на перфорированное днище укладывали металлическую сетку 5, а на нее полиэтиленовую пленку 6.