

Л. Ф. Донченко, канд. техн. наук, доцент, Д. П. Бабич, аспирант, БГТУ

ВЛИЯНИЕ ВМЕСТИМОСТИ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР НА КОЛИЧЕСТВО И МОЩНОСТЬ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРОВ

Dependence of specific capacity of a drive of fans on capacity of drying tunnels is installed, expressions allowing are received to define quantity and diameters of fans depending on the geometric sizes of channels of their installation. On the basis of the received dependences the method of preliminary determination of capacity of a drive of fans, their quantity and diameters.

Введение. Сушка пиломатериалов является одним из наиболее сложных, энергоемких и дорогих процессов в цикле переработки древесины. Применение устаревших технологии и оборудования при сушке приводит к значительному снижению качества высушиваемых пиломатериалов, излишнему расходу тепловой и электрической энергии и другим негативным последствиям. Поэтому все больше производителей продукции из древесины в нашей стране внедряют новые технологии сушки древесины, при этом проводят реконструкцию существующих сушильных камер или установку новых. При проведении модернизации сушильного хозяйства стремятся решить две основные задачи. Во-первых, минимизировать расход энергии на сушку пиломатериалов, во-вторых, сохранить при этом высокое качество сушки. Одним из наиболее важных видов оборудования сушильных камер является циркуляционное. Только при правильно организованной циркуляции сушильного агента удается обеспечить хорошее качество сушки. Определяющей составляющей системы циркуляции является вентиляторный блок, состоящий из вентилятора и его двигателя. Выбор этого оборудования является одним из самых важных этапов при проектировании и реконструкции сушильных камер. Вентилятор должен обеспечивать требуемую скорость перемещения агента сушки через штабель, а двигатель – бесперебойную работу вентилятора. При этом завышенная мощность двигателя приводит к повышенному расходу электроэнергии, а заниженная – к неправильной работе циркуляционного оборудования и, как следствие, к снижению качества сушки пиломатериалов.

Основой для выбора циркуляционного оборудования является аэродинамический расчет камеры. Однако этот расчет очень трудоемок и требует значительных затрат времени. В реальных же производственных условиях часто требуется оперативно определить требуемую мощность двигателей, количество и размеры вентиляторов. Кроме того, при принятии окончательного решения по модернизации сушильного хозяйства необходимо определить, является ли принятое циркуляционное оборудование оптимальным для данного типа сушильных камер.

Одной из основных характеристик сушильной камеры является ее вместимость. Именно эту величину определяют в первую очередь при проведении реконструкции сушильного хозяйства или организации нового. Она зависит от многих факторов, таких как объем пиломатериалов, подлежащих сушке, их размеры, порода древесины и т. д. В то же время именно вместимость в большинстве случаев определяет геометрические размеры камеры. Кроме того, известно, что с увеличением вместимости камеры увеличивается объем циркулирующего воздуха. А это, в свою очередь, влияет на мощность привода вентиляторов. Исходя из вышесказанного, за величину, которая определяет мощность привода вентиляторов, решено принять вместимость камеры.

Для оценки расхода электрической энергии принята величина удельной мощности привода, то есть установленная мощность электродвигателей, отнесенная к единице объема высушиваемых пиломатериалов.

Целью данной работы являлось установление зависимости между удельной мощностью привода вентиляторов и вместимостью камеры, а также определение количества вентиляторов, их диаметров в зависимости от размера канала их установки.

Методика проведения исследований. Для того чтобы определить, существует ли связь между вместимостью камеры и удельной мощностью привода вентиляторов, были изучены конструкция и техническая характеристика 75 современных сушильных камер ведущих мировых производителей Secal, Chathild, Incoplan, Laubeg и др. Для каждой из этих камер определялись величины вместимости камеры для условных пиломатериалов, суммарной установленной мощности электродвигателя. Затем определялась величина удельной мощности привода, кВт/м³, по формуле

$$N_{уд} = \frac{\sum N_{дв}}{E_k} = \frac{n_v \cdot N_{дв}}{E_k}, \quad (1)$$

где n_v – количество вентиляторов, шт.; $N_{дв}$ – мощность привода одного вентилятора, кВт; E_k – вместимость одной камеры, м³.

После этого был произведен анализ полученных результатов, итогом которого стала

зависимость между вместимостью камеры E_k и удельной мощностью привода $N_{уд}$.

При анализе геометрических размеров циркуляционных каналов 50 камер были проведены расчеты величины отношения ширины канала в месте установки вентиляторов к их количеству, т. е. расстояния между центрами вентиляторов:

$$a = \frac{B_k}{n_B}, \quad (2)$$

где B_k – ширина канала в плоскости установки вентиляторов.

По итогам расчетов установлены минимальное и максимальное значения этого параметра.

Также были проведены расчеты величины отношения (3):

$$c = \frac{a}{D_B} = \left(\frac{B_k}{n_B} \right) / D_B, \quad (3)$$

где D_B – диаметр вентиляторов, установленных в камере.

По итогам этих расчетов также установлены минимальное и максимальное значения параметра c .

Результаты исследований. В таблице приведены результаты расчетов удельной мощности приводов вентиляторов для 75 различных камер.

Выполненные расчеты позволили построить представленную на рисунке графическую зависимость удельной мощности привода от вместимости камеры.

Характер распределения расчетных точек, построенных в системе координат $N_{уд} - E_k$, дает возможность использовать для описания искомой зависимости экспоненциальную функцию. В результате аппроксимации получаем:

$$N_{уд} = 0,49 \cdot e^{-\frac{E_k}{25,21}} + 0,17. \quad (4)$$

Также при аппроксимировании установлены граничные значения коэффициентов формулы.

$$N_{уд\min} = 0,45 \cdot e^{-\frac{E_k}{22,63}} + 0,16; \quad (5)$$

$$N_{уд\max} = 0,52 \cdot e^{-\frac{E_k}{27,75}} + 0,18. \quad (6)$$

Зная значения $N_{уд}$, рассчитанные по формуле (4), можно определить суммарную установленную мощность приводов вентиляторов (7) или мощность одного вентилятора (8).

$$\sum N_{дв} = N_{уд} \cdot E_k; \quad (7)$$

$$N_{дв} = \frac{E_k \cdot N_{уд}}{n_B}. \quad (8)$$

Используя результаты расчетов по формулам (5), (6) и (8), можно ориентировочно определить минимальное и максимальное значения мощности привода вентилятора для камеры любой вместимости, что позволит определить соответствие устанавливаемого оборудования современным требованиям.

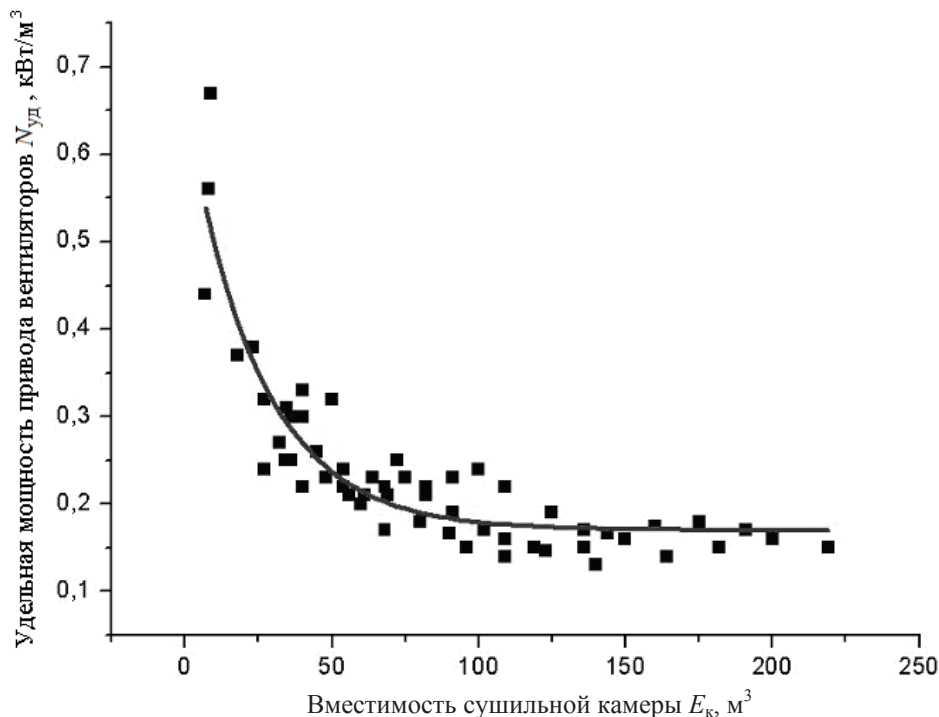


Рисунок. Зависимость удельной мощности привода вентиляторов $N_{уд}$, кВт/м³, от вместимости сушильной камеры E_k , м³

В результате расчетов величины отношения (2) получены следующие оптимальное, минимальное и максимальное значения этой величины:

$$a_{\text{оп}} = \frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} = 1,52; \quad (9)$$

$$a_{\text{min}} = \left(\frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} \right)_{\text{min}} = 1,38; \quad (10)$$

$$a_{\text{max}} = \left(\frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} \right)_{\text{max}} = 1,88. \quad (11)$$

В результате расчетов величины параметра c (3) рекомендуются следующие значения этой величины:

$$c_{\text{оп}} = \left(\frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} \right) / D_{\text{в}} = 1,92; \quad (12)$$

$$c_{\text{min}} = \left(\left(\frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} \right) / D_{\text{в}} \right)_{\text{min}} = 1,60; \quad (13)$$

$$c_{\text{max}} = \left(\left(\frac{B_{\text{к}}}{n_{\text{в}}} \right) / D_{\text{в}} \right)_{\text{max}} = 2,32. \quad (14)$$

Таким образом, зная ширину и высоту канала установки вентиляторов, можно ориентировочно определить количество вентиляторов, расстояние между их осями и их диаметры.

Полученные зависимости были применены при разработке реконструкции блока эжекционных сушильных камер. Вместимость одной камеры после реконструкции составляла $61,6 \text{ м}^3$, ширина канала установки вентиляторов – 7 м.

Предварительные расчеты, выполненные по описанной методике, дали следующий результат: требуемое количество вентиляторов – 4–5, удельная мощность привода вентиляторов $N_{\text{уд}} = 0,192–0,233 \text{ кВт/м}^3$, установленная мощность электродвигателей – 11,8–14,3 кВт.

Таблица

Расчет удельной мощности привода вентиляторов для сушильных камер различных производителей

Вместимость камеры, м^3	Суммарная установленная мощность вентиляторов, кВт	Удельная мощность привода вентиляторов, кВт/м^3	Вместимость камеры, м^3	Суммарная установленная мощность вентиляторов, кВт	Удельная мощность привода вентиляторов, кВт/м^3	Вместимость камеры, м^3	Суммарная установленная мощность вентиляторов, кВт	Удельная мощность привода вентиляторов, кВт/м^3
27	8,6	0,32	56	11,8	0,21	160	28,0	0,175
40	8,8	0,22	68	11,6	0,17	175	31,5	0,18
54	11,9	0,22	64	14,7	0,23	136	23,1	0,17
32	8,6	0,27	80	14,4	0,18	150	24,0	0,16
48	11,0	0,23	96	14,4	0,15	200	32,0	0,16
40	13,2	0,33	36	10,8	0,3	82	17,2	0,21
61	12,8	0,21	54	13,0	0,24	109	24,0	0,22
82	18,0	0,22	72	18,0	0,25	164	23,0	0,14
182	27,3	0,15	91	17,3	0,19	191	32,5	0,17
75	17,3	0,23	109	17,4	0,16	219	32,9	0,15
100	24,0	0,24	102	17,3	0,17	18	6,7	0,37
125	23,8	0,19	123	18,0	0,146	119	17,9	0,15
150	24,0	0,16	144	23,9	0,166	40	12,0	0,3
200	32,0	0,16	68	15,0	0,22	34,4	10,7	0,31
82	17,2	0,21	91	20,9	0,23	69	14,5	0,21
109	24,0	0,22	136	20,4	0,15	50	16,0	0,32
164	23,0	0,14	160	28,0	0,175	140	18,2	0,13
191	32,5	0,17	175	31,5	0,18	90	14,9	0,166
219	32,9	0,15	136	23,1	0,17	100	24,0	0,24
18	6,7	0,37	102	17,3	0,17	109	15,3	0,14
27	6,5	0,24	123	18,0	0,146	60	12,0	0,2
36	9,0	0,25	144	23,9	0,166	54	11,9	0,22
23	8,7	0,38	68	15,0	0,22	7	3,1	0,44
34	8,5	0,25	91	20,9	0,23	9	6,0	0,67
45	11,7	0,26	136	20,4	0,15	8	4,5	0,56

Далее был проведен аэродинамический расчет камеры. По результатам этого расчета была доказана необходимость установления четырех вентиляторов, с приводом мощностью 3 кВт, суммарная установленная мощность электродвигателей 12 кВт. Как видно, аэродинамический расчет подтвердил правильность полученных зависимостей. Тот факт, что полученное при аэродинамическом расчете значение суммарной мощности привода вентиляторов больше минимального и меньше максимального значения для камеры данной вместимости свидетельствует о соответствии принятого циркуляционного оборудования мировым стандартам по потреблению электроэнергии.

Заключение. Установлена зависимость удельной мощности привода вентиляторов от вместимости сушильных камер, получены выражения, позволяющие определять количество и диаметры вентиляторов в зависимости от геометрических размеров каналов для их установки. На базе полученных зависимостей разработан метод предварительной оценки мощности привода вентиляторов, их количества и диаметров, который состоит из выполнения следующих действий:

1) определение удельной мощности привода вентиляторов в зависимости от принятой вместимости камеры по формуле (4);

2) определение суммарной установленной мощности приводов вентиляторов по формуле (7);

3) определение оптимального количества вентиляторов в зависимости от размеров канала, их установки по соотношению по формуле (9);

4) определение оптимальных диаметров вентиляторов по формуле (12);

5) определение мощности привода одного вентилятора по формуле (8).

Следует отметить, что этот метод позволяет лишь ориентировочно определить характеристики циркуляционного оборудования. Для

окончательного принятия решения по установке вентиляторов требуется проведение аэродинамического расчета камеры [1], [2], [3].

Также разработан метод оценки принятых проектных решений по циркуляционному оборудованию. Он состоит из выполнения следующих действий:

1) определение минимальной и максимальной удельной мощности привода вентиляторов в зависимости от принятой вместимости камеры по формулам (5) и (6);

2) определение минимального и максимального значения мощности привода одного вентилятора по формуле (8);

3) сравнение рассчитанных значений мощности привода вентилятора со значением, полученным при аэродинамическом расчете камеры или с мощностью двигателей, установленных в камере (при покупке новых камер).

В случае, если мощность двигателей находится между минимальным и максимальным значениями мощности, полученными в результате расчета, то делается вывод о соответствии циркуляционного оборудования требованиям по энергоемкости и производительности. Если она выходит за указанные пределы, то требуется изменение конфигурации циркуляционного оборудования.

Литература

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. – 140 с.

2. Справочник по сушке древесины / Е. С. Богданов [и др.]; под ред. Е. С. Богданова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 304 с.

3. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учеб. для вузов / П. С. Серговский, А. И. Расев. – 4-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.