

УДК 677.057:677.021

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРЯДЕНИЯ ПРЯЖИ***

**POWER INDICATORS
OF VARIOUS WAYS OF SPINNING**

А.А. ГЕРАЩЕНКО, В.М. КАРАВАЙКОВ
A.A. GERASHCHENKO, V.M. KARAVAYKOV

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: kvml@ya.ru; alger@ro.ru

В статье проведен анализ энергетических показателей для кольцепрядильных систем и систем роторного пневмопрядения в процессе производства различных номеров пряжи. Продемонстрирован теоретический подход для прогнозирования удельного потребления энергии для определенного типа пряжи.

In article the analysis of power indicators for spinning by a ring systems and systems a rotor pneumospinning in the course of manufacture of various yarn counts is carried out. The theoretical approach for forecasting of specific consumption of energy in certain type of a yarn is shown.

Ключевые слова: прядение пряжи, энергозатраты, удельное потребление энергии.

Keywords: yarn spinning, power inputs, specific consumption of energy.

* Работа выполняется при поддержке гранта ФЦП по контракту № 14.740.11.1373.

Для того чтобы получить необходимую информацию о структуре потребления энергии, была выбрана типовая прядильная фабрика [1], которая способна прясть каждый вид штапельного волокна (то есть хлопок, лен, полиэстер и вискозу) в широком диапазоне номеров пряжи с использованием как кольцепрядения, так и роторного пневмопрядения. Эта прядильная фабрика включает в себя не только оборудование, используемое для производства (трепальный отдел, кардочесание, гребнечесание, вытягивание, ровница, прядение,

обмотка), а также включены 5 систем кондиционирования воздуха, 2 компрессора и 2555 ламп для освещения.

Прядильная фабрика работает в 3 смены, по 8 часов 25 дней в месяц. Учитывая ежемесячные время работы и количество машин, было рассчитано ежемесячное (май) потребление энергии (данные представлены в табл. 1). Проведенные энергетические обследования работы оборудования прядильного производства позволили определить основные направления использования энергии на прядильном производстве.

Таблица 1

Тип оборудования	Энергопотребление, кВт·ч		
	за час	за день	за месяц
Вертикальный разрыхлитель	30	720,0	18000
Трепальный отдел (автоматический)	42	1008,0	25200
Трепальный отдел (ручной 1)	48	1152,0	28800
Трепальный отдел (ручной 2)	12	288,0	7200
Трепальный отдел (полиэстер/вискоза)	43	1032,0	25800
Трепальный отдел (cot-linen line)	22	528,0	13200
Предварительный итог	197	4728,0	118200
Кардочесальная машина (Sacolowell)	16,5	396,0	9900
Кардочесальная машина (C10)	68	1632,0	40800
Кардочесальная машина (Rieter)	145	3480,0	87000
Предварительный итог	229,5	5508,0	137700
Машины вытягивания	105	2520,0	63000
Гребнечесальные машины + притирочный станок	33	792,0	19800
Ровничные машины	136,8	3283,2	82080
Кольцепрядильные машины + роботы	703	16872,0	421800
Пневмомеханические прядильные машины	367,5	8820,0	220500
Намоточные машины	135	3240,0	81000
Предварительный итог по машинам	1906,8	45763,2	1144080
Системы кондиционирования воздуха	390	9360,0	234000
Освещение	72	1728,0	43200
Компрессоры	64	1536,0	38400
Итого:	2432,8	58387,2	1459680

Наибольшее потребление энергии производится технологическим оборудованием – 78% – в процессе производства. Структура конечного потребления электроэнергии оборудованием при производстве пряжи представлена на рис. 1.

Из этой диаграммы видно, что наибольшее количество энергии потребляется кольцепрядильными машинами – 37%, а следующим потребителем идут роторные пневмопрядильные машины – 20%. Рассчитаем индивидуальную норму удельного потребления электроэнергии кольцепрядильными машинами как основного потребителя электроэнергии для прядения по методу [2].

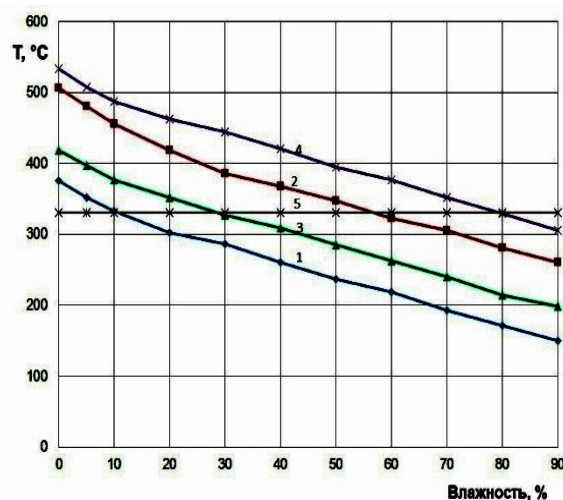


Рис. 1

Количество сырья R_1 , кг, которое будет обработано в первой машине (вертикальный разрыхлитель), может быть найдено с помощью удельного коэффициента потерь W_{Tot} , %, и удельной массы пряжи M , кг, в следующем уравнении:

$$R_1 = M (1 + W_{Tot}). \quad (1)$$

Время работы на первой машине t_1 , ч, может быть определено следующим образом:

$$t_1 = \frac{R_1}{L_1 \eta_1 n_1}, \quad (2)$$

где L_1 – производительность машины, кг/ч; n_1 – количество машин и η_1 – механический к.п.д. машины, %. С данными параметрами количество электроэнергии E_1 , кВт·ч, используемой первой машиной, может быть получено из уравнения:

$$E_1 = t_1 N_1 \eta_{E1} n_1. \quad (3)$$

Здесь N_1 – установленная мощность первой машины, кВт; η_{E1} – рассматриваемая энергоэффективность, %. После расчета потребления энергии на каждом этапе общее потребление энергии для приведения в действие машин E_M , кВт·ч, можно рассчитать по следующему уравнению:

$$E_M = \sum_{i=1}^n E_i + E_{Ca} + E_D + E_{Co} + E_R + E_S + E_w, \quad (4)$$

где E_i – потребление энергии трепальным отделом (E_1 – энергия для вертикального разрыхлителя, E_2 – энергия для очистителя, E_3 – энергия для смесителя и т.д.); E_{Ca} – потребление энергии кардочесанием; E_D – потребление энергии при вытягивании; E_{Co} – потребление энергии при гребнечесании; E_R – потребление энергии при выравнивании; E_S – потребление энергии при кольцепрядении; E_w – потребление энергии намоткой, где i – представляет собой соответствующие отдельные машины, и n – общее количество машин в трепальном отделе.

Потребление энергии компрессорами для первой машины E_{A1} находится с помощью следующего уравнения:

$$E_{A1} = t_1 N_1 C_1 n_1, \quad (5)$$

где C_1 – сжатый воздух, необходимый в час, $m^3/ч$; N_A – удельная мощность компрессоров, кВт·ч/ m^3 , которые могут быть определены путем деления установленной мощности компрессора на объем сжатого воздуха. Общее потребление энергии для обеспечения сжатым воздухом в целом E_{TA} , кВт·ч, можно найти с помощью уравнения:

$$E_{TA} = \sum_{j=1}^m E_{Aj}. \quad (6)$$

Здесь j представляет соответствующую машину; m – общее количество машин, которые нуждаются в сжатом воздухе в производственной линии конкретной пряжи.

Энергия, используемая для кондиционирования воздуха при производстве пряжи:

$$E_c = \frac{E'_c M}{G}, \quad (7)$$

где E'_c выражает общее энергопотребление системы кондиционирования воздуха в течение одного месяца; G – ежемесячное производство пряжи, кг.

Потребление энергии на освещение E_{il} можно установить по формуле:

$$E_{il} = \frac{E'_{il} M}{G}. \quad (8)$$

Здесь E'_{il} – общее ежемесячное энергопотребление ламп, необходимое для освещения.

Следовательно, общее потребление энергии для любой конкретной пряжи может быть рассчитано путем суммирования соответствующих уравнений энергопотребления, приведенных выше, по следующей формуле:

$$E_{Tot} = E_M + E_{TA} + E_c + E_{il}. \quad (9)$$

Чтобы определить удельное потребление энергии на единицу массы пряжи, ежемесячное потребление энергии исследуемого производства делим на количество произведенной пряжи за исходный месяц.

Для проведения расчетов были исполь-

зованы как исходные параметры производства (тип и количество машин, фактическая производительность, фактическая установленная мощность и т.д.), так и расчетные данные (время работы, использование энергии для работы машин и сжатие воздуха).

Для прядильной фабрики была исследована удельная потребность в энергии для компрессоров, чтобы получить удельное сжатие воздуха N_A , определенное как

$0,12 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$. Поскольку машины в трепальном отделе взаимосвязаны, необходимый сжатый воздух был вычислен кумулятивно, принимая рабочее время 6,6 часов.

Расчеты проводили для 3000 кг гребенной кольцепрядильной пряжи 20 текс с коэффициентом кручения пряжи $\alpha_{\text{tex}} = 3828$ и частотой оборотов прядильного оборудования $n = 17500$ об/мин. Результаты приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Потребитель	Энергопотребление, кВт·ч	Доля, %
Машины	7121,5	71,3
Компрессоры	769,5	7,7
Освещение	322,7	3,5
Кондиционирование	1748,0	17,5
Итого:	9961,7	100,0

Удельный расход электроэнергии для выбранной пряжи можно найти с помощью следующего уравнения:

$$k_R = \frac{E_{\text{Tot}}}{G} = \frac{9961,7}{3000} = 3,32 \text{ [кВт}\cdot\text{ч/кг]}. \quad (10)$$

С целью определения удельного энергопотребления единицей массы пряжи ежемесячное потребление энергии для других месяцев на исследуемой фабрике было разделено на ежемесячные объемы производства и полученные количества удельного потребления энергии изменялись между 3,23 и 3,76 кВт·ч/кг для различных месяцев. Это средние значения, которые изменяются в зависимости от свойств пряжи.

Далее применяем эту же методику с целью расчета удельного потребления энергии для пряжи пневмомеханического роторного способа прядения, производимой на той же прядильной фабрике. За основу брали те же исходные данные, что и в первом случае (табл. 1).

Здесь для расчета возьмем следующие исходные данные: кардная роторная пневмомеханическая пряжа 20 текс массой 3000 кг с коэффициентом кручения пряжи $\alpha_{\text{tex}} = 3828$ и частотой оборотов прядильного оборудования $n = 107000$ об/мин. Из-за разности технологических процессов машин рабочее время приняли 5,5 часов. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Потребитель	Энергопотребление, кВт·ч	Доля, %
Машины	6491,3	73,2
Компрессоры	312,8	3,5
Освещение	322,7	3,6
Кондиционирование воздуха	1748,0	19,7
Итого:	8874,8	100

Удельный расход электроэнергии для выбранной пряжи можно найти с помощью следующего уравнения:

$$k_{OE} = \frac{E_{\text{Tot}}}{G} = \frac{8874,8}{3000} = 2,95 \text{ [кВт}\cdot\text{ч / кг]}. \quad (11)$$

Для сравнительного анализа удельного потребления различных типов пряжи сравним полученные расчетные значения с данными, указанными в [3]. Потребление энергии и затраты на энергию для гребенной кольцепрядильной пряжи 20 текс и для кардной роторной пневмопрядильной

пряжи 20 текс для выбранных стран (2006 г. [3]) приведены в табл. 4. Как видно из таблицы, количество энергии, необходимое для изготовления единицы массы кольцепрядильной пряжи изменяется в ин-

тервале 2,23...4,16 кВт·ч/кг, в то время как энергия, необходимая для роторной пневмопрядильной пряжи, изменяется в интервале 2,44...2,59 кВт·ч/кг для рассматриваемых стран.

Т а б л и ц а 4

Страны	Цены на электроэнергию \$/ кВт·ч	Кольцевая пряжа		Пневмомеханическая пряжа	
		потребление энергии, кВт·ч / кг	стоимость пряжи, \$/ кг	потребление энергии, кВт·ч / кг	стоимость пряжи, \$/ кг
Китай	0,066	3,37	0,22	2,58	0,17
Россия	0,084	3,36	0,28	2,50	0,21
Турция	0,070	2,23	0,16	2,57	0,18
Бразилия	0,031	3,40	0,11	2,58	0,08
Южная Корея	0,047	2,70	0,13	2,55	0,12
США	0,045	3,33	0,15	2,44	0,11
Италия	0,095	4,16	0,39	2,59	0,25

Так как цены на электрическую энергию различны в выбранных странах, конечная себестоимость пряжи отличается весьма значительно. Разница между значениями удельного потребления происходит от изменений в производственных параметрах машин, таких как тип, потери, нагрузка, скорость и эффективность использования энергии.

При производстве пряжи ее свойства и структура меняются не только в зависимости от производственных операций, но и от используемой прядильной системы. Система, используемая для изготовления пряжи, зависит от таких факторов, как используемые волокна, свойства пряжи и экономические показатели.

Потребление энергии на этапе прядения в пневмомеханическом роторном прядении является более высоким по сравнению с кольцепрядением, но отсутствие некоторых подготовительных этапов (прочесывание гребнем и ровницы) и постпрядильных процессов (намотки) ведет к снижению потребления энергии для полного цикла прядения, по сравнению с кольцепрядением для грубой пряжи. Энергия потребляется в основном во время разделения волокон, скручивания и намотки в пневмомеханическом оборудовании. Приблизительно 60% или более от полного потребления энергии используется роторами в пневмомеханическом прядении по сравнению с 85...90%-ным потреблением элек-

троэнергии веретенным вращением в кольцепрядении [4]. Аналогичными исследованиями [5] было установлено, что в диапазоне грубой пряжи (текс > 60) для роторного пневмопрядения необходимо меньше энергии на кг пряжи, чем для кольцепрядильной для основной пряжи, в то время как для более тонкой пряжи (текс < 30) роторное пневмопрядильное оборудование потребовало больше энергии на кг пряжи, чем кольцепрядильное. Таким образом, очевидно, что номер пряжи имеет преобладающее значение в удельном потреблении энергии.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика расчета удельного потребления энергии как для кольцепрядения, так и для роторного пневмопрядения. Вычисленные значения сопоставимы с данными, приведенными в литературе.

3. Представленный в настоящей работе подход является универсальным и может быть использован для вычисления общего и удельного потребления энергии для любого типа пряжи.

4. Были определены области наиболее эффективного применения оборудования. При этом номер пряжи имеет преобладающее значение в удельном потреблении энергии.

5. Отслеживание и нормирование потребления энергоресурсов является основой для точной адекватной оценки энергобалансов, планирования, прогнозирования и стимулирования производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Koc E., Kaplan E.* An Investigation on Energy Consumption in Yarn Production, with Special Reference to Ring Spinning: Fibres & Textiles in Eastern Europe. – Volume 15, № 4 (63), 2007. P. 18...24.
2. *Kaplan E.* The Cost Factor in Textile Industry and General Utilization of Energy Cost, MsC Thesis, Cukurova University: Institute of Natural and Applied Science, Textile Engineering Department. – Adana, 2004.
3. Международная Федерация Текстильных Производителей (МФТП), Международное сравнение производственных затрат, Прядение/Ткачество/Вязание. – Швеция, 2006.
4. *Oxtoby E.* Spun Yarn Technology. – London: Butterworth & Co Publishers; 1987.
5. *Krause H. W., Soliman H. A.* Energy Consumption of Rotor Type OE-Spinning Machines as Compared to Ring Spinning Frame // International Textile Bulletin; Third Quarter. – 1982. P. 285...303.

REFERENCES

1. *Koc E., Kaplan E.* An Investigation on Energy Consumption in Yarn Production, with Special Reference to Ring Spinning: Fibres & Textiles in Eastern Europe. – Volume 15, № 4 (63), 2007. P. 18...24.
2. *Kaplan E.* The Cost Factor in Textile Industry and General Utilization of Energy Cost, MsC Thesis, Cukurova University: Institute of Natural and Applied Science, Textile Engineering Department. – Adana, 2004.
3. Mezhdunarodnaja Federacija Tekstil'nyh Proizvoditelej (MFTP), Mezhdunarodnoe sravnenie proizvodstvennyh zatrat, Prjadenie/Tkachestvo/ Vjazanie. – Shvecija, 2006.
4. *Oxtoby E.* Spun Yarn Technology. – London: Butterworth & Co Publishers; 1987.
5. *Krause H. W., Soliman H. A.* Energy Consumption of Rotor Type OE-Spinning Machines as Compared to Ring Spinning Frame // International Textile Bulletin; Third Quarter. – 1982. P. 285...303.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 30.10.15.