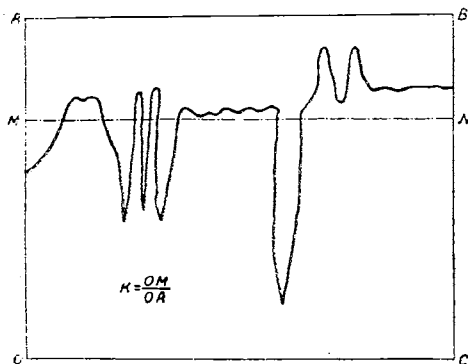


Об использовании моторов в бумажной промышленности

(Доклад на Пленуме ТЭС'а 1—3 января 1928 г.)

Вопрос удешевления продукции тесно связан с максимальным использованием оборудования вообще и в частности моторов, приводящих в движение производственные машины. Степень использования мотора может быть охарактеризована отношением средней мощности мотора за рассматриваемый промежуток времени к установленной номинальной мощности. Под номинальной мощностью понимают ту мощность, на которую мотор рассчитан и построен, и при которой правильно спроектированный мотор должен работать наиболее экономично. Величина средней мощности вычисляется, исходя из того условия, что мотор, работая непрерывно с постоянной мощностью, равной средней, произведет за рассматриваемый промежуток времени ту же работу, что и при действительном изменении мощности.

Так, если диаграмма (черт. 1) изображает работу мотора в течение некоторого промежутка времени, то отношение $OM : OA$ представит степень, или коэффициент, использования мотора, если OM будет средняя, а OA — установленная мощность мотора.



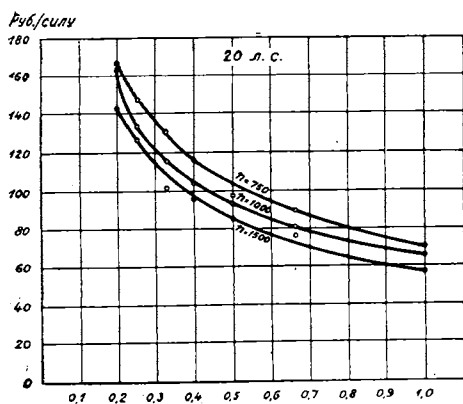
Черт. 1. Диаграмма работы мотора

Отсюда видно, что коэффициент использования зависит от следующих факторов:

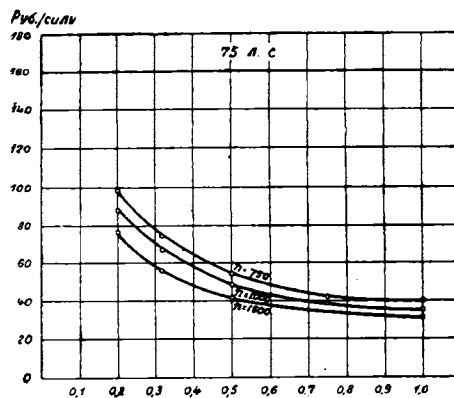
- 1) от характера работы механизма, с которым связан мотор,
- 2) от выбора номинальной мощности и
- 3) от степени непрерывности производства.

Если при сравнении предприятий с разным числом смен желают исключить зависимость коэффициента использования от числа смен и нерабочих дней в году, то при расчете принимают во внимание только то число часов работы в году, которое установлено для предприятия.

Коэффициент использования мотора тем выше, чем равномернее нагрузка и чем ближе номинальная мощность мотора подходит к средней. Номинальную мощность мотора следует выбирать, исходя из длительной максимальной нагрузки, имея в виду, что по нормам двигатель должен без вреда выдерживать случайные пики — до 140% в течение 3 минут. Однако, такие случайные пики не могут повторяться часто, иначе нагревание мотора выйдет за допустимые пределы.



Черт. 2



Черт. 3

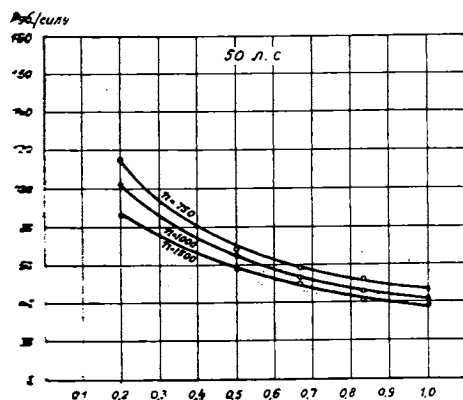
К сожалению, приходится констатировать, что до сих пор не обращается должного внимания на правильный подбор номинальных мощностей моторов, работающих в производстве. Механики фабрик при заказах и проектировании обычно для надежности увеличивают мощность мотора без надобности; при передаче заказа на заводы мощность часто увеличивается дополнительно при подборе ближайших стандартных типов.

Между тем, низкий коэффициент использования мотора в производстве имеет следствием:

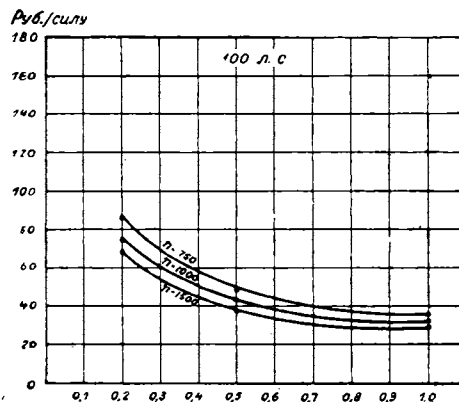
- 1) увеличение первоначальных затрат на оборудование,
- 2) ухудшение к. п. д. моторов и в связи с этим излишний расход энергии на единицу продукции,
- 3) ухудшение $\cos \varphi$ сети и невозможность в связи с этим более полно использовать силовое оборудование центральной станции. Другим следствием ухудшения $\cos \varphi$ является увеличение потерь в сети.

Все это в результате ведет к увеличению себестоимости продукции.

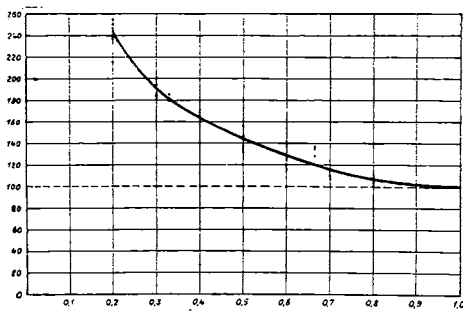
Для иллюстрации того, как возрастают первоначальные затраты на моторы при низких коэффициентах использования на диаграммах (черт. 2, 3, 4 и 5)



Черт. 4



Черт. 5



Черт. 6. Вздорожание в проц. одной лошадиной силы средней установленной мощности в зависимости от уменьшения коэффициента использования

приведены стоимости одной лошадиной силы для средних рабочих мощностей в 20, 50, 75 и 100 л. с. в зависимости от коэффициента использования мотора (по последним ценам ГЭТ'а). Эти диаграммы можно совместить в одну, если при коэффициенте использования $k=1$ стоимость одной лошадиной силы для всех случаев принять за 100. Такое совмещение произведено на диаграмме (черт. 6), где предыдущие диаграммы изображены точками. На той же диаграмме проведена средняя

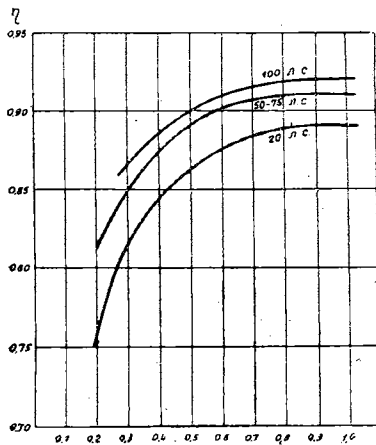
кривая, определяющая приближенно для всех случаев удорожание в процентах одной лошадиной силы в зависимости от коэффициента использования.

Зависимость коэффициента полезного действия мотора от нагрузки может быть выражена следующей приближенной формулой:

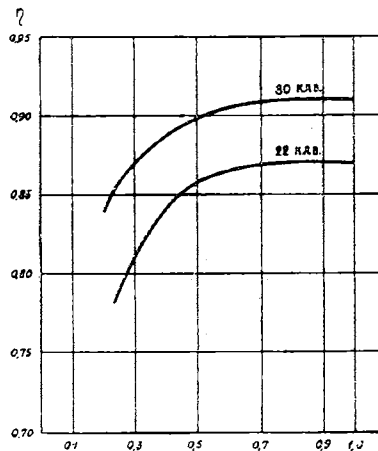
$$\eta = \frac{1}{1 + 0,5 \left(\frac{1}{\eta_{11}} - 1 \right) \left(m + \frac{1}{m} \right)}, \dots \dots \dots (1)$$

где η_{11} —коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке, а m —отношение действительной нагрузки к номинальной.

Вывод этой формулы основан на близком к действительности предположении, что потери холостого хода мотора равны потерям в меди при номинальной нагрузке. На чертеже 7 даны диаграммы падения к. п. д. по мере уменьшения нагрузки, построенные по формуле (1) для моторов ГЭТ'а. На чертеже 8 даны те же диаграммы для моторов Сименса 80 квт. и 22 квт. закрытого типа по данным фирмы.



Черт. 7

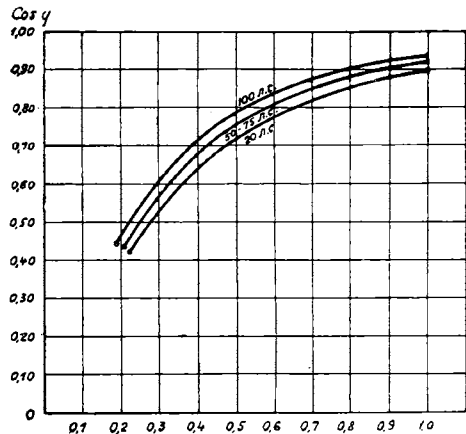


Черт. 8

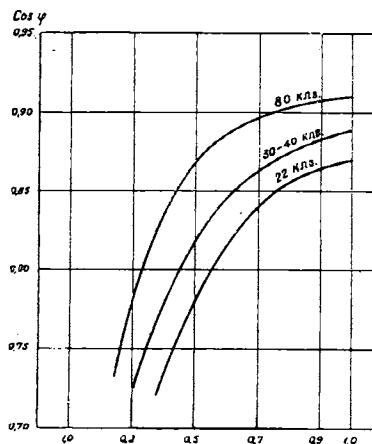
Изменение $\cos \varphi$ мотора в зависимости от нагрузки может быть учтено следующей приближенной формулой:

$$\cos \varphi = \frac{1}{1 + \frac{1}{m^2} \operatorname{tg}^2 \varphi_1}, \dots \dots \dots (2)$$

где φ_1 —сдвиг фаз при номинальной нагрузке, а m —отношение действительной мощности и номинальной. Эта формула справедлива при условии,



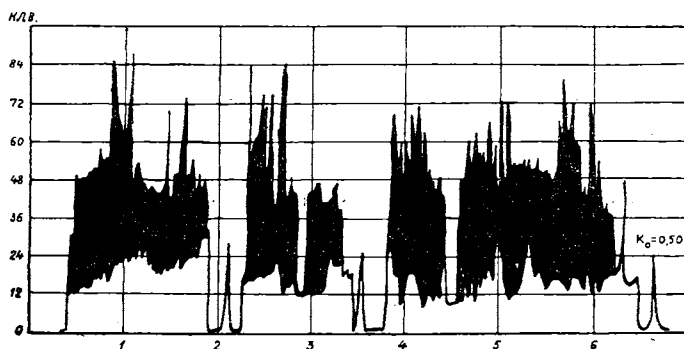
Черт. 9



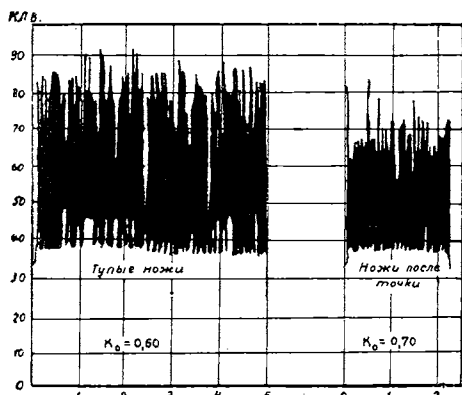
Черт. 10

что ток короткого замыкания во много раз превышает ток холостого хода, так что можно без большой погрешности принять участок круговой диаграммы между холостым ходом и полной нагрузкой за отрезок вертикальной прямой. На чертежах 9 и 10 даны диаграммы изменения коэффициента мощности от нагрузки; на первом чертеже диаграммы построены по формуле (2), на втором—по данным фирмы Сименс для моторов 80 квт., 30—40 квт. и 22 квт. закрытого типа.

Зная себестоимость энергии и установленную мощность моторов на предприятии, можно, пользуясь указанными диаграммами, вычислить приближенно в ценностном выражении экономию от улучшения коэффициента использования моторов.

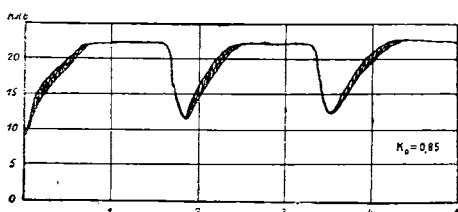


Черт. 11. Диаграмма работы дроворубки парохозяйства фабрики «Сокол». Срублено дров за время опыта 15,9 т

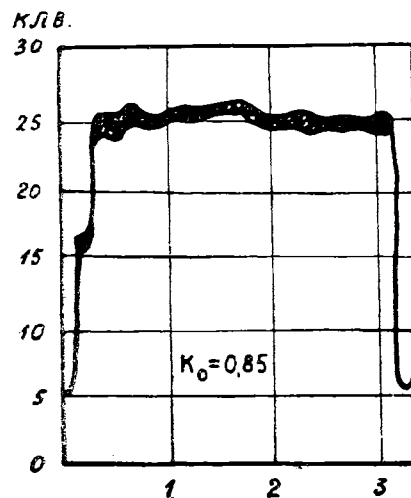


Черт. 12. Диаграмма работы дроворубки целл. завода Кондровской фабрики

Вполне естественно поставить вопрос, какого максимального коэффициента использования можно достичь на данном предприятии. Эта задача может быть разрешена снятием с отдельных моторных приводов нагрузочных характеристик помощью самопишущего ваттметра, определения по ним наибольшего возможного коэффициента использования путем подбора подходящей номинальной мощности моторов, и вычислением в конечном итоге среднего взвешенного коэффициента использования. Ниже на чертежах 11—23 приведено несколько диаграмм, снятых самопишущим ваттметром на фабриках Центробумтреста¹⁾. По этим диаграммам вычислены отношения k_0 средней рабочей мощности к максимальной нагрузке за несколько смен. За максимальный коэффициент использования $k_{\text{макс}}$ приняты цифры на 5—10% ниже, имея в виду ухудшение коэффициента использования от случайных перебоев в работе и при подборе стандартных типов моторов. Результаты приведены в таблице 1.



Черт. 13. Диаграмма работы бегунов завода Hoffmann



Черт. 14. Диаграмма работы товарного ролла (Фюльнер)

Таблица 1.

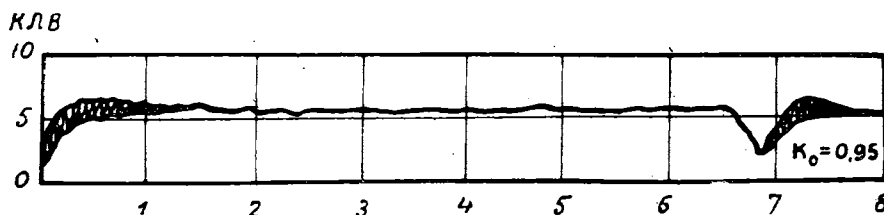
	k_0	$k_{\text{макс}}$
1. Дроворубка	0,55—0,65	0,55
2. Бегуны	0,85—0,90	0,80
3. Отбельный ролл	0,95	0,90
4. Товарный ролл	0,85	0,8
5. Мешалка	1	0,95
6. Постоянная часть самочерпки	1	1—0,8
7. Переменная часть самочерпки	0,90—0,95	0,9
8. Каландры	0,5	x
		x

¹⁾ Часть приведенных диаграмм снята инж. П. В. Преображенским

x — отношению максимальной нагрузки к рабочей мощности.

Все производственные механизмы могут быть разделены на две группы.

Первая группа отличается тем, что их потребная мощность не изменяется или изменяется незначительно с изменением сорта продукции. Для таких моторов можно достигнуть высокого коэффициента использования.



Черт. 15. Диаграмма работы отбельного ролла (Бельмер)

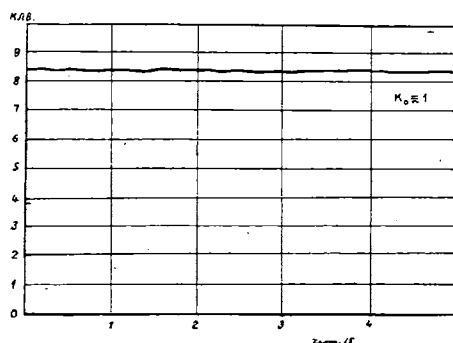
Вторая группа характеризуется изменением потребной мощности в больших пределах в зависимости от выработки того или другого сорта продукции, и здесь приходится, считаться с необходимостью иметь низкий коэффициент использования моторов, если должны вырабатываться различные сорта продукции на одной и той же машине.

Так, например, мощность, потребная для переменной части самочерпки может быть выражена следующей формулой:

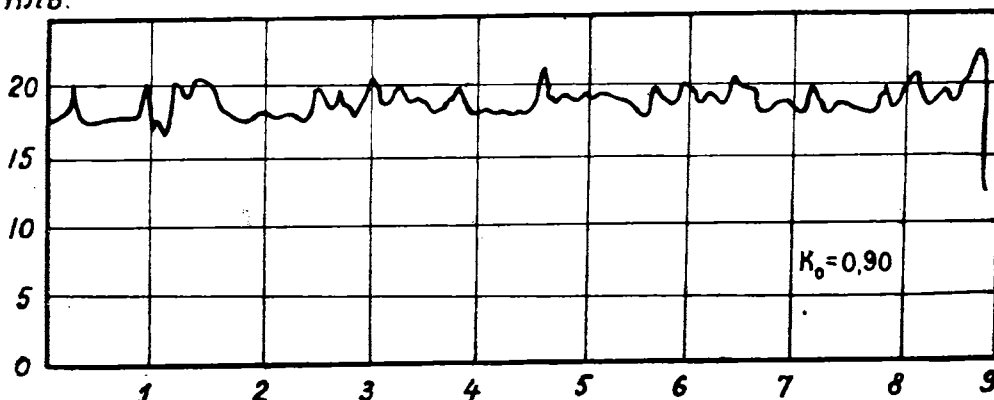
$$N = \alpha \cdot v \cdot b \cdot \beta, \dots \dots \dots (3)$$

где α — постоянная величина, зависящая от конструкции машины, v — скорость бумаги, b — ширина бумаги, β — величина, зависящая от плотности бумаги.

Так как β изменяется сравнительно незначительно, то мощность зависит, главным образом, от скорости бумаги. Если машина имеет пре-
кЛВ.



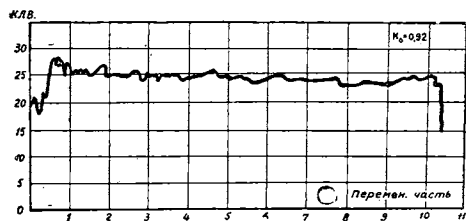
Черт. 16. Мешалка материального бассейна



Черт. 17. Диаграмма работы переменной части самочерпки. Бумага книжная; $g = 100$, $v = 18,5$ м в мин.

делу регулирования рабочей скорости 1:3, то при наименьшей скорости коэффициент использования мотора будет приблизительно в три раза менее,

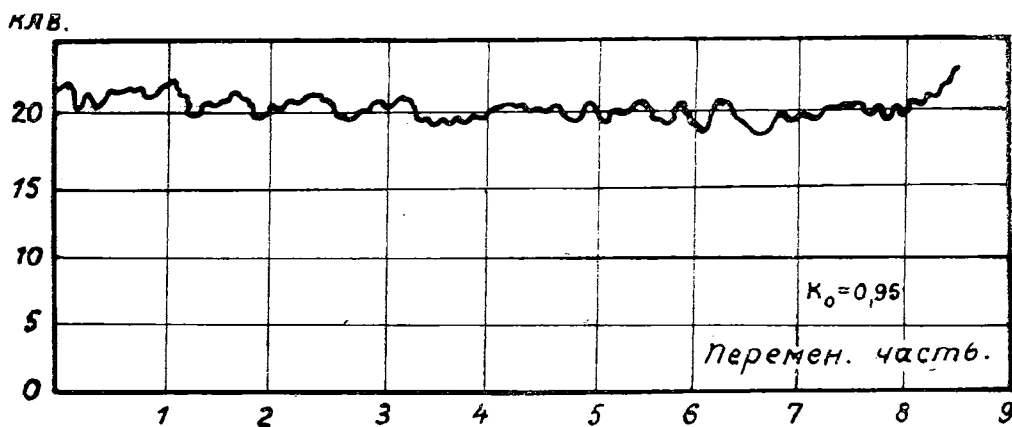
чем при максимальной. Отсюда следует, что для получения наиболее выгоднейшего коэффициента использования самочерпка должна работать с наибольшей рабочей скоростью.



Черт. 18. Диаграмма работы переменной части самочерпки. Бумага писчая № 6, $v = 69,8$ м в мин.

Подсчеты, сделанные на основании полученных выше данных, показывают, что для бумажных фабрик с нормально развитым

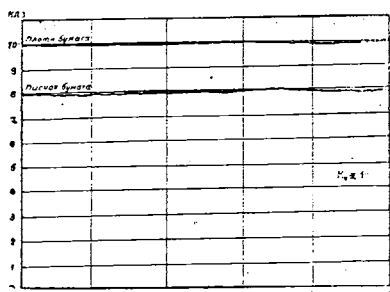
древомассным и целлюлозным производством можно достигнуть при благоприятных условиях среднего взвешенного коэффициента использования



Черт. 19. Диаграмма работы переменной части самочерпки Кондровской фабрики. Бумага светочувств.; $g = 100$, $v = 23,4$ м в мин.

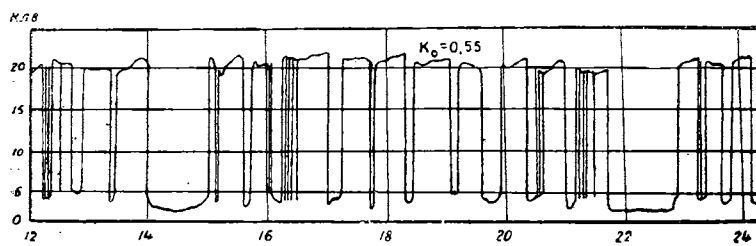
за год 0,85—0,8, значение же 0,75—0,7 вообще можно считать практически достижимым.

В таблице 2 даны цифры расхода энергии и коэффициенты использования моторов по кварталам и за год по некоторым фабрикам Центробумтреста за 1926/1927 год. Коэффициенты использования отнесены к квартальному или же к годовому числу часов работы.



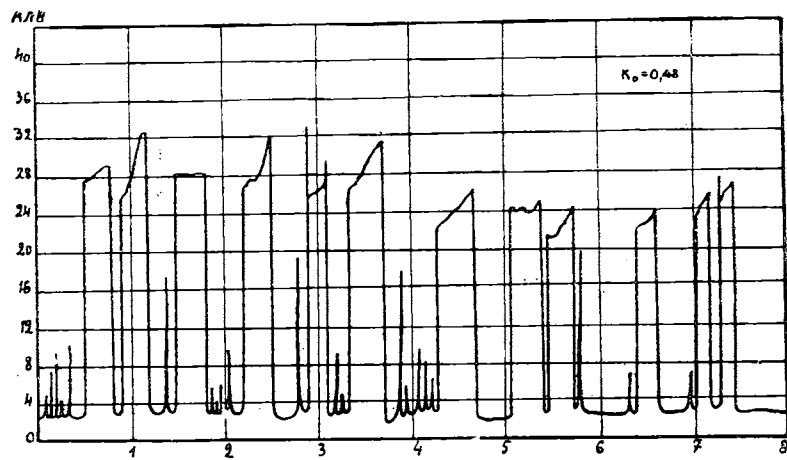
Черт. 20. Постоянная часть самочерпки

Для иллюстрации экономического значения хорошего коэффициента использования ниже приводится ориентировочный подсчет экономии для Окуловской фабрики при улучшении среднего коэффициента использования моторов до 0,75, вместо существующего 0,5, и сохранении прежней средней нагрузки 2.230 киловатт.



Черт. 21. Диаграмма работы каландра Фойта. Бумага писч. № 6. Скорость $v = 47$ м в мин.

1. Уменьшение установленной мощности на $4.377 \left(1 - \frac{0,51}{0,75}\right) = 1,400$ квт., что, считая стоимость одного установленного киловатта моторов на бумажных фабриках в среднем 80 руб. и проценты на капитал, амортизацию и ремонт—15%, дает в год экономию $1.400 \cdot 80 \cdot 0,15 = 16.800$ р.
 2. Улучшение среднего коэффициента полезного действия моторов на 1,5%, что уменьшит расход энергии на $18.771 \left(1 - \frac{0,875}{0,89}\right) \cdot 10^3 = 330.000$ квтч. и, считая по цене 3,2 коп., составит в год экономии . 10.600 »
 3. Улучшение среднего коэффициента мощности моторной сети с 0,7 до 0,8, что уменьшит потери в сети в отношении $(0,7:0,8)^2 = 0,77$. Считая потерю энергии в сети 3%, это составит в год экономии $(1-0,77) \cdot 0,3 \cdot 18.771 \cdot 10^3 \cdot 3,2 = 4.200$ »
 4. Улучшение коэффициента полезного действия генераторов центральной станции, вследствие улучшения $\cos \varphi$ моторной сети. Оценивая это улучшение только на $\frac{1}{2}\%$, получим экономию за год $19.470 \cdot 10^3 \cdot 0,005 \cdot 3,2 = 3.100$ »
- И т о г о 34.700 р.



Черт. 22. Диаграмма работы каландра № 4, ф-ки «Сокол». Бумага плакатная № 6, 130 г, обрезная ширина 2.190, скорость 75 м

Кроме этого, улучшение $\cos \varphi$ сети с 0,7 до 0,8 даст возможность увеличить нагрузку генераторов центральной станции на $(0,8-0,7):0,7 = 14\%$, если генераторы перед этим были полностью нагружены током. Это обстоятельство может дать большую экономию, так как такое увеличение нагрузки генераторов равносильно введению в работу без дополнительных затрат электрического оборудования, соответствующего 14% мощности центральной станции.

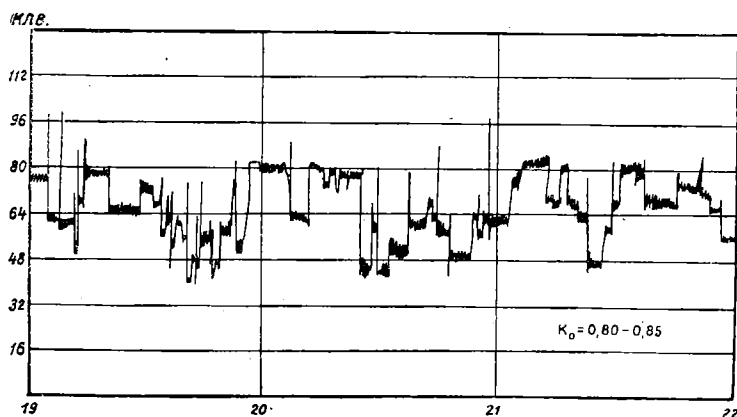
Расход энергии и коэффициенты использования установленной

№№ по рядку	Фабрика и время	Установл. мощность. квт.	Выработано электрической энергии 1.000 квч.		
			Собствен- ной	Со стороны	Всего
1	Окуловская				
	I квартал	—	—	—	4.830,0
	II »	4.377	—	—	5.230,0
	III »	—	—	—	4.560,0
	IV »	—	—	—	4.850,0
За год	—	—	—	19.470	
2	Сокол				
	I квартал	—	3.157,7	881,5	4.033,2
	II »	3.738	2.916,4	753,9	3.670,3
	III »	—	3.136,8	656,1	3.792,9
	IV »	—	3.482,1	609,6	4.091,7
За год	—	12.687,0	2.901,1	15.588,1	
3	Свердловский завод				
	I квартал	—	2.959,2	14,1	2.973,3
	II »	1.785	2.890,9	7,5	2.898,4
	III »	—	2.831,4	11,9	2.843,3
	IV »	—	2.948,9	6,0	2.954,9
За год	—	11.630,4	39,5	11.669,9	
4	Кондровская				
	I квартал	—	1.700	—	1.700
	II »	1.561	1.720	—	1.720
	III »	—	1.505	—	1.505
	IV »	—	1.745	—	1.745
За год	—	6.670	—	6.670	
5	Наменская				
	I квартал	—	—	—	1.750
	II »	1.644	—	—	1.650
	III »	—	—	—	1.790
	IV »	—	—	—	1.860
За год	—	—	—	7.050	
6	Троицкая				
	I квартал	—	843,6	139,18	982,78
	II »	870	720,27	213,4	933,67
	III »	—	637,27	88,3	725,51
	IV »	—	781,13	122,5	903,63
За год	—	2.982,27	563,38	3.545,65	

мощности моторов по фабрикам ЦБТ за 1926—27 год

Таблица 2

Расход электрической энергии 1.000 квтч.			Расход в 1.000 квч. на уст. квт.	Часов работы	Кoeffиц. использов. уст. мощн.	Средняя нагрузка (моторная) квт.
По блоки- ровке	Освещен. и на сторону	Моторы				
—	246,50	4.583,5	1,05	2.088	0,5	2.190
—	199,75	5.030,25	1,15	2.040	0,565	2.460
—	125,75	4.434,25	1,01	2.040	0,495	2.170
—	126,65	4.723,35	1,08	2.136	0,5	2.220
—	698,65	18.771,35	4,3	8.404	0,51	2.230
15	461,4	3.556,8	0,952	2.130	0,446	1.670
8,1	474,5	3.187,7	0,854	2.022	0,422	1.575
13,0	368,5	3.411,4	0,914	2.034	0,45	1.680
6,4	423,8	3.661,5	0,98	2.160	0,454	1.690
42,5	1.728,2	13.617,4	3,65	8.346	0,44	1.635
942,3	182,1	1.848,9	1,03	2.136	0,48	865
803,3	164,6	1.930,5	1,08	2.064	0,52	935
692,4	121,1	2.029,8	1,15	2.064	0,52	980
650,5	141,7	2.162,7	1,21	2.184	0,55	990
3.088,5	609,5	7.971,9	4,5	8.448	0,53	945
250,3	103,7	1.346	0,86	2.088	0,41	644
361,3	113,03	1.245,67	0,80	2.040	0,392	610
244,64	86,45	1.173,91	0,75	1.992	0,376	590
254,5	91,77	1.398,73	0,895	2.182	0,41	640
1.110,75	394,95	5.164,3	3,3	8.302	0,396	622
—	212,54	1.537,46	0,93	2.160	0,43	708
—	196,7	1.453,30	0,88	2.040	0,43	708
—	114,7	1.675,30	1,02	2.016	0,47	774
—	102,3	1.757,70	1,06	2.208	0,47	774
—	626,24	6.423,75	3,9	8.424	0,463	760
—	114,47	868,31	1,0	2.088	0,48	418
—	86,65	847,02	0,975	2.064	0,47	409
—	44,704	680,866	0,785	1.992	0,394	343
—	35,123	868,507	0,999	2.160	0,46	400
—	280,947	3.264,703	3,76	8.304	0,45	392



Черт. 23. Диаграмма работы группового привода 4-х каландров Каменской фабрики.

Закключение. Из приведенных данных явствует экономическое значение хорошего использования моторов в производстве. В связи с этим фабрики должны стремиться к лучшему использованию установленной мощности моторов путем комбинирования нагрузки, перестановки моторов, ускорения в некоторых случаях технологических процессов, замены моторов другими подходящей мощности, если с этим не связаны крупные затраты, и путем др. мероприятий. Само собой разумеется, что все мероприятия в каждом отдельном случае должны предварительно взвешиваться с точки зрения экономического эффекта. Приведенные выше данные представляют лишь первую попытку установить технические коэффициенты, характеризующие степень использования моторов в бумажном производстве. Для получения более точных данных необходимо длительное обследование работы производственных машин помощью самопишущих ваттметров. Эту работу необходимо проделать каждому предприятию, решившему серьезно заняться рационализацией производства.

Н. Иващенко



RUDOLPH BARTHEL

CHEMNITZ I. SACHSEN POSTFACH 74 (ГЕРМАНИЯ)

**ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ
БУМАГИ, КАРТОНА И ПР.**

УЛУЧШЕННОЕ И УСИЛЕННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ

Измерительный прибор с устанавливаемым в обратную сторону указателем.

ПЕРВОКЛАССНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ—ПРОБНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БЕСПЛАТНО

ПРЕДЛОЖЕНИЯ И СПИСОК С ОТЗЫВАМИ ВЫСЫЛАЮТСЯ ПО ТРЕБОВАНИЮ.