

Правильный выбор давления пара, поступающего на сушку бумаги.

Доклад на Пленуме ТЭС'а 1—3 апреля 1927 г.

Вопрос о правильном выборе давления пара, поступающего в сушильную часть бумагоделательной машины, принимает в последнее время, в связи с необходимостью правильной постановки теплового хозяйства бумажных фабрик и переходом на возможно большее использование для сушки бумаги отработанного пара, особенное значение. Еще более усиливающим стимулом в этом же отношении является намечающийся переход силовых установок бумажных фабрик на повышенное и высокое давление.

Нередко приходится и в настоящее время среди специалистов производственников слышать мнение, что вопрос о состоянии пара, идущего на сушку, не настолько уж важен и что для обеспеченности бесперебойной и надежной работы самочерпок лучше взять несколько более высокое давление пара при входе в сушильные цилиндры, так как тогда можно быть спокойным, что сушильная часть машины, наверное будет достаточна и что некоторая потеря «отбросной» энергии вполне компенсируется гарантией от возможных перебоев при напряженной работе сушильной части.

В связи с этим мы считаем необходимым проанализировать этот вопрос в целом, чтобы показать, что такие допуски и надбавки «на всякий случай» обходятся достаточно дорого и что, строя новые предприятия бумажной промышленности, которые должны в будущем конкурировать с мировой бумажной промышленностью, мы должны считать более точно и аккуратно и после соответствующих расчетов твердо базироваться на полученных данных и предъявлять фирмам, строящим бумагоделательные машины, определенные требования, как в отношении размеров сушильной части, так и в отношении твердо заданного начального состояния пара, даваемого на сушку.

Переходя к вопросу о том, какие данные должны быть положены в основу этого расчета, остановимся в первую очередь на зависимости, существующей между удельной нагрузкой сушильной части и начальным состоянием пара.

Согласно данным Strauch'a¹⁾ удельные нагрузки сушильной части следующим образом зависят от начального состояния пара, поступающего на сушку.

Таблица 1.

Степень содержания сух. вещества перед сушкой в %.	Удельные нагрузки сушильной части машины в кг бумаги на 1 кв. м в час при темпер. наружного воздуха в +10°C и при начальн. давлении в абс. атм.					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
26%	1,6	2,3	2,7	2,9	3,05	3,10
30%	1,9	2,8	3,3	3,6	3,75	3,80
34%	2,3	3,3	4,0	4,35	4,5	3,54
38%	2,3	3,9	4,7	5,2	5,35	5,4
42%	3,3	4,7	5,6	6,1	6,3	6,4
46%	3,9	5,7	6,6	7,3	7,5	7,6
50%	4,5	6,5	7,7	8,5	8,7	8,8

Таблица 1, если для каждой степени содержания сухого вещества удельную нагрузку при 3,0 абс. атм. принять за 100, получит следующий вид:

Таблица 2.

26%	51,5	74,2	57,0	93,5	95,4	100
30%	50,0	73,6	86,8	94,7	95,5	100
34%	50,6	72,6	88,0	95,5	98,8	100
38%	51,9	72,2	87,0	96,2	99,0	100
42%	51,5	73,5	87,5	95,3	98,5	100
46%	51,2	75,0	86,9	96,0	98,7	100
50%	51,1	73,9	87,5	96,6	98,9	100

Из таблиц 1 и 2 видно, что понижение давления с 3,0 абс. атм. до 2,5 абс. атм. дает понижение использования сушки на 1,45%, до 2,0 абс. атм. на 4,6%, до 1,5 абс. атм. на 12,7%, до 1,0 абс. атм. на 26,4% и до 0,5 абс. атм. на 48,9%. Из этого можно сделать вывод, что снижение давления потребует одновременно увеличения общей поверхности сушильных цилиндров, а следовательно и стоимости сушильной части на соответственно: 1,5%, 4,8%, 14,4%, 35,9% и 78,2%.

Согласно последним предложениям можно считать, что стоимость 1 кв. м общей поверхности сушильной части бумагоделательной машины франко-фабрика в центральном районе СССР составит по немецким данным—360 рублей, которые складываются из стоимости 1 кв. м, в Германии—140—150 долл. = 280—300 рублей, и провоза и прочих расходов около 60—80 рублей—всего 340—380 рублей или в среднем 370 рублей за 1 кв. м сушильной части самочерпки.

Кроме того, необходимо учесть и то, что при понижении давления пара в цилиндрах растет расход энергии на приведение в движение бумажной машины. Согласно данным расчета Strauch'a²⁾ для бумажной машины в 2,1 м обрезной ширины для бумаги до 50 г. в кв. метре при скорости 160 м в минуту и производительности 1000 кг бумаги в час расход энергии составляет:

1) См. «Pap. Fabr.» 1923 г. № 2.

2) См. выше.

при $p = 0,5$ абс. атм.	163,9	действ. ЛС или на 1000 кг	119,5	кв ч
» » 1,0 » »	142,7	» » » »	104,0	» »
» » 2,0 » »	130,9	» » » »	95,5	» »
» » 3,0 » »	129,0	» » » »	94,0	» »

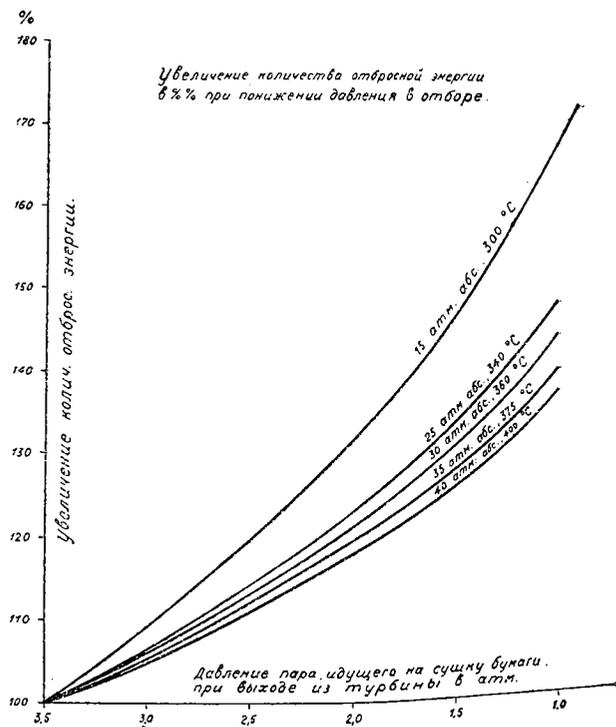
Если принять, что расход энергии на приведение в движение бумажной машины для сушки при 3,0 абс. атм. составляет 100%, то при 2,0 абс. атм. он составит 101,4%, при 1,0 абс. атм.—110,5% и при 0,5 абс. атм.—126,9%.

Принимая, что по тому же закону изменяется расход энергии на приведение в движение бумагоделательной машины для всех типов машин, будем считать и при сопоставлении экономии и перерасходов на сушку при понижении давления пара, что расход энергии будет увеличиваться так, как указано выше.

Переходим к расчету того, что дает понижение давления пара, идущего на сушку бумаги, в смысле увеличения располагаемого теплопадения используемого в силовой установке фабрики пара. Для этого произведем расчеты в нескольких вариантах: при начальном давлении у входного вентиля турбины 15 абс. атм. и 300°C, 25 абс. атм. и 340°C, 30 абс. атм. и 360°C, 35 абс. атм. и 375°C и 40 абс. атм. и 400°C (при этих начальных условиях состояние пара в отборе получается приблизительно одинаковым, перегрев колеблется только на ~10°C).

Результаты этого расчета, произведенного по IS диаграмме, приложенной к книге проф. Стодола «Паровые турбины» (6-е издание 1925 г.), представлены на диаграмме 1, где по оси ординат отложено увеличение количества получаемой «отбросной энергии», а на оси абсцисс—давление пара, отдаваемого на сушку (у выходного фланца паровой турбины).

Из этой диаграммы видно, что понижение давления в отборе дает значительное увеличение количества отбросной энергии, при чем, чем ниже начальное давление пара, тем сильнее влияние понижения давления в отборе. Так, при 15 атм. нач. давления понижение давления в отборе с 3,5



Диагр. 1.

абс. атм. до 2,5 абс. атм. дает увеличенне количества отбросной энергии на 19,7%, при 30 атм. то же понижение давления дает 13,1% и при 40 атм.—10,7%.

Сопоставляя между собой абсолютные количества увеличения «отбросной» энергии при снижении давления пара, поступающего на сушку, мы из диаграммы 1 видим, что они получаются почти одинаковыми.

На основании этих данных произведем определение наивыгоднейшего давления пара для сушки средних сортов печатных бумаг плотностью от 40 до 80 г в кв. метре (обрезн. шир. 2,25 м) с нормальной суточной выработкой 32.000 кг бумаги и максимальной часовой выработкой при плотности 85 г. и скорости 200 м. в мин.—2300 кг в час.

Допустим, что содержание сухого вещества перед сушильной частью для данной машины будет 38% и на основании таблицы 1 определим требующуюся поверхность нагрева сушильной части этой машины и ее стоимость, а затем, принимая 8% на капитал, 5% на амортизацию и 4% на ремонт, годовое удорожание в эксплуатации машины при различных начальных давлениях пара, даваемого на сушку, по сравнению с тем случаем, когда подается пар при давлении 3 абс. атм. (принимая, что из турбины пар дается при 3,25 абс. атм. и что 0,25 атм. теряется в паропроводах):

Начальное давление в абс. атм.	Поверхность нагрева сушильной части в кв. метрах	Стоимость сушильной части в рублях	Удорожание сушильной части в рублях	Годов. отчисления (17%) от удорожания на ремонт, амортизацию и капитал. в руб.
3,0	426	153.200	—	—
2,5	433	155.000	2.800	476
2,0	446	160.600	7.400	1.260
1,5	448	175.700	22.500	3.830
1,0	580	208.800	55.600	9.450
0,5	761	274.000	120.800	20.550

Исходя из удельного расхода энергии при подаче на сушку пара давлением 3,0 абс. атм. = 500 квч/тонна брутто, получим на основании вышеприведенных данных, что из этой цифры расход энергии на приведение в движение бумагоделательной машины = 94 квч и что эта, а следовательно, и общая цифра расхода энергии будут изменяться следующим образом.

Давление в абс. атм.	Расход энергии на привед. в движение бумажной машины кв-час/тонна брутто	Общий расход энергии на производство бумаги кв-час/тонна брутто
3,0	94,0	500
2,5	94,6	500,6
2,0	95,5	501,5
1,5	99,0	505,0
1,0	104,0	510,0
0,5	119,5	525,5

Считая, что конденсационная энергия обходится на данной фабрике 3,5 коп./кв-час и что вся добавочная энергия, расходуемая благодаря по-

нижению давления пара в сушильной части,—конденсационная, а также принимая 340 рабочих дней в году, получим следующие цифры увеличения расхода энергии и стоимости добавочной энергии:

Давление в абс. атм.	Количество добавочной энергии в год в кв.час.	Дополнительный расход на энергию в рублях
2,5	$0,6 \cdot 32 \cdot 340 = 6540$	$6540 \cdot 3,5 \cdot 0,01 = 230$
2,0	$1,5 \cdot 32 \cdot 340 = 16300$	$16300 \cdot 3,5 \cdot 0,01 = 570$
1,5	$5,0 \cdot 32 \cdot 340 = 54400$	$54400 \cdot 3,5 \cdot 0,01 = 1900$
1,0	$10,0 \cdot 32 \cdot 340 = 108800$	$108800 \cdot 3,5 \cdot 0,01 = 3700$
0,5	$25,5 \cdot 32 \cdot 340 = 257000$	$257000 \cdot 3,5 \cdot 0,01 = 9000$

Кроме того, необходимо еще учесть и увеличение расхода пара на сушку за счет увеличения потерь в окружающую среду при увеличении размеров сушильной части, вследствие понижения давления пара, идущего на сушку. Согласно данным Strauch'a¹⁾, если принять расход пара на сушку при 3,0 абс. атм. за 100, то при 2,5 абс. атм. он равен 99,75, при 2,0 абс. атм.—99,5, при 1,5 абс. атм.—101,7, при 1,0 абс. атм.—103,9 и при 0,5 абс. атм. 115,8. Отсюда при удельном расходе пара при 3,0 абс. атм. 3,5 кг. пара на 1 кг. бумаги и цене отборного пара—3 р. 50 к. за тонну, при понижении давления пара, идущего на сушку, с 3,0 абс. атм. получается:

до 2,5 атм. экономия в год	$= 0,0025 \cdot 3,5 \cdot 32 \cdot 340 \cdot 3,5 = 295$ руб.
„ 2,0 „ „ „	$= 0,005 \cdot 3,5 \cdot 32 \cdot 340 \cdot 3,5 = 590$ „
„ 1,5 „ перерасход в год	$= 0,017 \cdot 3,5 \cdot 32 \cdot 340 \cdot 3,5 = 2260$ „
„ 1,0 „ „ „	$= 0,039 \cdot 3,5 \cdot 32 \cdot 340 \cdot 3,5 = 5200$ „
„ 0,5 „ „ „	$= 0,158 \cdot 3,5 \cdot 32 \cdot 340 \cdot 3,5 = 21050$ „

Суммируя удорожание из-за увеличения сушильной части (капитализация, амортизация и ремонт) и из-за увеличения потребления энергии и пара, получим следующие цифры добавочного расхода в год при понижении давления пара, поступающего на сушку:

при 2,5 абс. атм. 410 руб.	при 1,0 абс. атм. 18.350 руб.
„ 2,0 „ „ 1240 „	„ 0,5 „ „ 50.600 „
„ 1,5 „ „ 7990 „	

Переходим к получаемой при понижении давления в сушильной части экономии—в виде повышения количества «отбросной» энергии и примем, что расход пара на сушку бумаги=3,5 кг пара на 1 кг бумаги и что при указанных выше начальных состояниях пара перед турбиной получается при давлении 3,0 абс. атм. следующее количество отбросной энергии (при $\eta_{эм} = 0,7$):

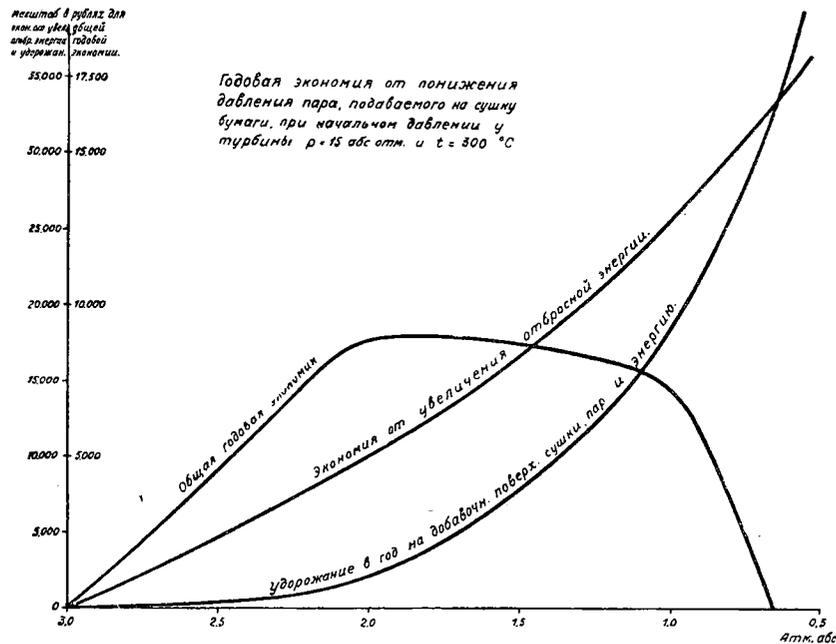
при $p = 40$ абс. атм. и 400°C	— 111,2 кв.час/тонну пара
„ „ = 35 „ „ „ 375°C	— 104,2 „ „ „ „
„ „ = 30 „ „ „ 360°C	— 96,2 „ „ „ „
„ „ = 25 „ „ „ 340°C	— 87,3 „ „ „ „
„ „ = 15 „ „ „ 300°C	— 66,2 „ „ „ „

¹⁾ См. там же.

Принимая стоимость отбросной энергии в 1,5 коп., т.-е. получая 2,0 коп. экономии на каждый кв-час увеличения «отбросной» энергии, получим следующие цифры отбросной энергии и экономии в год:

А) При $p_1=15$ атм. и $t_1=300^\circ\text{C}$. (См. диагр. 2).

Давление в абс. атм.	Количество отбросной энергии в год в кв-часах ¹⁾	Годовая экономия в рублях
3,0	2.520.000	
2,5	2.770.000	5.000
2,0	3.030.000	10.200
1,5	3.360.000	16.800
1,0	3.810.000	25.800
0,5	4.385.000	37.300



Диагр. 2.

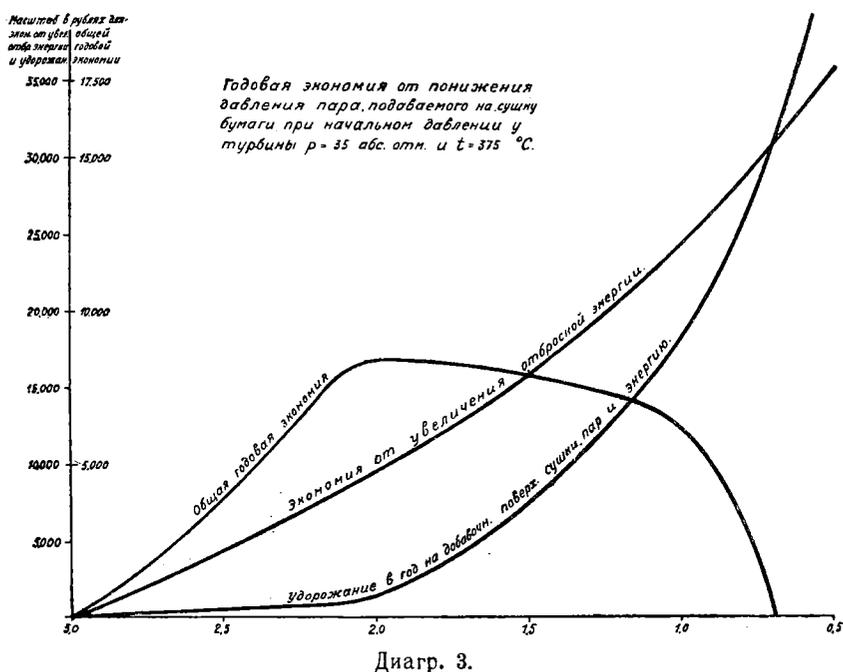
Сопоставляя цифры получаемой, при понижении давления пара, подаваемого на сушку, экономии с добавочными расходами, приведенными выше, в результате получаем следующую годовую экономию при понижении давления в сушильной части бумажной машины с 3 абс. атм.

до 2,5 абс. атм.	5000 — 410 =	4590 руб.
» 2,0 » »	10200 — 1240 =	8960 »
» 1,5 » »	16800 — 7900 =	8810 »
» 1,0 » »	25800 — 18350 =	7450 »
» 0,5 » »	37300 — 50600 =	-13300 »

¹⁾ Считаем, что давление пара при поступлении на сушильную часть $\approx 0,25$ атм. ниже, чем у выходного отверстия турбины.

Б) При $p_1 = 35$ абс. атм. и $t_1 = 375^\circ\text{C}$. (См. диагр. 3).

Давление в абс. атм.	Количество отбросной энергии в год в кв-часах	Годовая экономия в рублях
3,0	3.970.000	
2,5	4.190.000	4.400
2,0	4.450.000	9.600
1,5	4.760.000	15.800
1,0	5.195.000	24.500
0,5	5.760.000	35.800



Отсюда годовая экономия при понижении давления получится при снижении давления на сушилку:

до 2,5 абс. атм.	4400 — 410 =	3990 руб.
„ 2,0 „ „	9600 — 1240 =	8360 „
„ 1,5 „ „	15800 — 7990 =	7810 „
„ 1,0 „ „	24500 — 18350 =	6150 „
„ 0,5 „ „	35800 — 50600 =	-14800 „

Выводы:

1) При каждом заказе бумагоделательной машины необходимо тщательное изучение условий, которые должны быть предъявлены фирме о давлении пара, даваемого на сушилку.

2) Параллельно должен быть произведен экономический расчет наиболее экономически выгодного давления пара перед сушильными цилиндрами.

3) На основании произведенного примерного расчета можно утверждать, что в большинстве случаев окажется выгодным понижение давле-

ния до $\sim 1,5 - 2,0$ абс. атм., как дающее значительный эффект при относительно небольшом удорожании сушильной части.

4) При понижении давления пара, подаваемого на сушку, в комбинированных ф-ках эффект будет значительно больший, так как одновременно будет увеличен выход «отбросной» энергии от пропуска через силовой двигатель пара, идущего на отопление, отбелку, выпарку щелоков и т. д., так как эти потребности могут вполне удовлетворяться паром при давлении $\sim 1,5$ абс. атм.

5) Вопрос о необходимости дачи пара более высокого давления для сукносушителей должен быть подвергнут специальному изучению и, в случае действительной необходимости в повышенном давлении, необходимо изучить работу «умформеров пара» как с технической, так и с экономической стороны.

В. Сазонов.

R. WOLF A.-G.

MAGDEBURG-BUCKAU

Отделение для СССР Берлин W 15, Joachimsthaler Strasse 9

R. Wolf-камерные вакуум-фильтры

Герм. Гос. Пат.

для непрерывного действия для отделения твердых и жидких веществ из всевозможных смесей

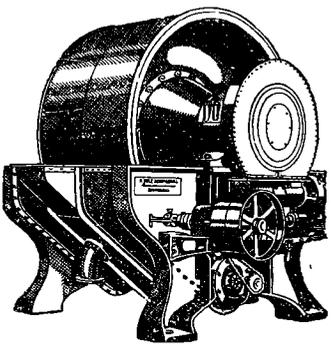
Особенно пригодны в химической, керамической, калийной, пищевой, крахмальной, бумажной промышленности и для горного промысла и т. д.

Высокая производительность
Интенсивная сушка
Незначительный расход силы

Большая экономия фильтровальных сукон и заработной платы

— Опыты производятся бесплатно —

Центробежные насосы до самой большой производительности и самого большого напора.



Выписка товаров может последовать лишь на основании действующих в СССР правил о монополии внешней торговли.