

Способ сортовой калькуляции бумаги ¹⁾.

Затраты средств производства бумаги разделяются на две главные группы: 1—основные материалы, входящие в состав композиции бумаги и образующие вещественное содержание продукта, и 2—все прочие расходы, связанные с преобразованием исходного сырья в продукт, придающие сырью потребительную ценность.

К последней группе относятся: энергия труда и топлива, сменные принадлежности машин—сетки, сукна, чулки, ремни и т. п., ремонтные материалы, необходимые для восстановления аппаратуры, изнашивающейся в процессе работы, смазка машин и приводов, амортизация имущества и все общехозяйственные расходы по содержанию предприятия.

Затраты первого рода могут быть вполне точно учтены при выработке каждой партии любого сорта бумаги. Но расходы второй группы, составляющие в сумме стоимость переработки, (т. н. накладные в широком смысле), ввиду их разнообразия и часто очень отдаленной связи их в пространстве и времени с выработкой данного сорта, при современной технике учета и отчетности, непосредственно на месте не списываются по сортам, а даются в фабричных отчетах суммарно на весь ассортимент выработанных за этот период бумаг. Для распределения этих расходов по сортам у бухгалтеров существуют практические способы, имеющие тот недостаток, что они условны и разрешают вопрос лишь с формальной стороны.

В основе всех этих способов лежит предположение, что существует некоторая величина, определяемая данными выработки того или другого сорта бумаги—(длительность выработки, скорость машины, ширина сетки и т. п.), по отношению к которой стоимость переработки остается постоянной. Таким образом, например, приняв в основание распределения время (продолжительность) работы калькулируемых сортов, все накладные расходы делят на общее число часов работы; получаемая условная постоянная величина умножается на время работы каждого данного сорта, и делением на число пудов выработки находят стоимость выработки—одного пуда.

¹⁾ Настоящее краткое сообщение, ввиду недостатка времени и места, является лишь опытом приложения подготовленной автором работы, задуманной еще в 1914 году и доложенной отчасти на Пленуме ТЭС'а в феврале 1923 года.

Вполне разделяя общий взгляд, что для точной сортовой калькуляции бумаги необходимо возможно большее число расходов точно учитывать и сносить прямо на каждую машину и даже на каждый вырабатываемый сорт бумаги, (например, производственную рабсилу, энергию, ремонт, одежду), мы тем не менее считаем, что при самой тщательной постановке учета все же останется значительная сумма нераспределенных общих накладных расходов, которые неизбежно придется так или иначе разносить по сортам. В этом случае желательно иметь метод распределения по возможности более объективный и дающий более правдоподобные результаты.

Предлагаемый нами способ сортовой калькуляции бумаги является опытом разрешения вопроса по существу, имеет теоретическое обоснование и подтверждается практическими фактами. От существующих способов здесь использовано допущение о существовании некоторой постоянной, независимой от сорта бумаги, системы машины, длительности работы и др. условий.

Для ожидаемого частного от деления на эту постоянную накладных расходов составлено общее выражение, в котором учтены:

а) индивидуальные особенности бумажной машины—отношением развернутой длины сушильной части $\pi \Sigma d$ к использованной ширине сетки B в метрах (степень несовершенства самочерпки), б) степень небрежности выработки данного сорта, как отношение величины $v \sqrt[3]{q}$, где v — скорость машины в метр. в мин. и q — вес квадратн. метра в кгр., к производительности в минуту в килограммах и квадратных метрах площади отформованной бумаги $p \cdot \frac{p}{q}$.

Из произведения а) на б) берется среднее геометрическое (извлечением корня квадратного), и окончательно выражение для стоимости накладного расхода на 1 килограмм данного сорта c получается следующее:

$$c = k \cdot \sqrt{\frac{\pi \Sigma d}{B} \cdot v \sqrt[3]{q} \cdot \frac{p^2}{q}} = k \cdot x$$

Найденные по этой формуле числа для фабрик Центробумтреста, при чем для c и др. величин были взяты фактические отчетные цифры за февраль, как видно из следующей таблицы, практически близки между собой.

„Сокол“	$k = c : x = 3,38$
Окуловская	„ = 2,62
Каменская	„ = 3,82
Кондровская	„ = 3,38
Троицкая	„ = 3,38
Полотн. Зав.	„ = 3,42
Пензенская	„ = 3,76

Если для разных предприятий, находящихся на огромных расстояниях друг от друга и имеющих в разной степени развитые хозяйственные отделы, получается такая устойчивость для k , то для разных машин одного и того же предприятия можно ожидать еще большей устойчивости.

Не углубляясь в детали теоретического анализа этой формулы, все-таки считаем нелишним привести здесь самые элементарные соображения для ее обоснования.

Стоимость фабричной переработки основных материалов на единицу веса зависит главным образом от трех факторов: 1) бумажной машины, 2) качества работы и 3) конечного результата.

Именно, затраты производства тем больше, чем менее экономически совершенна машина и чем небрежнее ведется процесс переработки с одной стороны, и чем меньший получается результат в виде продукта того или иного сорта. Рассмотрим подробнее каждый из названных факторов.

Экономическое несовершенство бумажной машины — x_1 . С момента изобретения прототипа „самочерпки“ — самодействующей бумажной машины (французским рабочим бумажником Луи Робэром, 1799 г.), заменившей ручное черпание бумажной массы, все усилия позднейших конструкторов были направлены к увеличению производительности и экономичности машин за счет уширения сетки (в настоящее время до 5 и более метров) и повышению полезного действия сушильной части, что ведет к укорочению длины сушильной поверхности или суммы диаметров сушильных цилиндров Σd . Таким образом, можно принять, что бумажная машина тем экономически совершеннее, чем больше длина сушильной части $\pi \Sigma d$ метров и меньше ширина B метров сетки и чем меньше ее валовая производительность по весу в единицу времени p кгр/мин. и по площади отформованной в 1 мин. внешней поверхности бумаги, именно

$$p \text{ кгр/мин.} : q \text{ кгр/кв. м.}, \text{ т. е. } \frac{p \text{ кв. м.}}{q \text{ мин.}} \quad x_1 = \frac{\pi \Sigma d \cdot q}{B \cdot p^2}.$$

Небрежность работы x_2 , или, вернее, несоответствие темпа процесса выработки бумаги с качеством последней. Это — второй независимый фактор, влияющий на величину производственных затрат. Чем быстрее идет работа, тем разбол массы вообще менее совершенен, тем менее возможно развертывание поверхности волокнистого сырья, а следовательно, и меньше шансов обеспечить лучшее сплетение волокон на сетке — образовать скрытую поверхность, обуславливающую прочность бумаги. Но, как общее правило, большая скорость v метров в мин. определяет меньшую плотность q кгр/кв. м., вес кв. метра бумаги (косвенно и толщину бумажного листа) таким образом, что произведение $v \cdot q$ для определенной ширины при постоянной производительности есть величина постоянная. Чем больше эта величина $v \cdot q$, т. е. больше скорость и больше плотность, и чем меньше площадь

развернутой в процессе размола и свернутой при отливке, прессовании и сушке суммарной поверхности F волокон бумажной массы, тем очевидно, небрежнее была работа:

$$x_2 = \frac{v q}{F}$$

Величину F проще всего можно было бы заменить пропорциональным ей значением модуля Hartig'a A , т. е. произведением разрывной длины L на растяжимость δ (см. наши „Этюды по технологии бумаги“, „Бум. Пром“ 1922 г. стр. 21), и тем самым связать стоимость производства с главными качествами бумаги, но практически возможно заменить другой пропорциональной величиной, именно $\sqrt[3]{q^2}$. Эта величина получается следующим путем; известно, что плотность q кгр/кв. м. бумаги численно равна весу кв. метра толщиной h и удельным весом γ :

$$q = L \cdot h \cdot \gamma = w \cdot \gamma,$$

откуда соответствующий объем $w = \frac{q}{\gamma}$ куб. метров. Извлекая кубический корень, находим длину ребра куба, образующего равновеликий объем: $\sqrt[3]{w} = \sqrt[3]{q/\gamma} = b$, а возвышая эту длину в квадрат — $b^2 = \sqrt[3]{q^2/\gamma^2}$ — некоторую площадь поверхности. Полагая удельный вес бумаги близким к единице и неизменным, можно принять, что $b^2 = \sqrt[3]{q^2}$. Эта величина находится в довольно тесном соответствии с модулем Hartig'a, т. е. пропорциональна площади скрытой в бумаге поверхности волокон. Вместо доказательства приведем табличку данных для писчих бумаг выработки Троицко-Кондровских фабрик 1):

№№	q	γ	h	$h^2/3$	L	δ	$A=L\delta$	$A: h^2/3$	при $\gamma=1$
4	0,0766	1,30	0,059	0,151	3,54	1,90	6,73	44,5	33,7
5	0,0673	1,10	0,061	0,155	3,88	1,80	6,98	45,0	36,8
6	0,0611	1,00	0,061	0,155	3,72	1,87	6,96	44,8	38,6
7	0,0570	0,96	0,059	0,151	3,58	2,14	7,21	47,6	41,0
8	0,0337	1,94	0,036	0,109	3,50	1,37	4,80	44,0	29,0

Подобное же близкое соответствие между $h^2/3 = (q/\gamma)^{2/3}$ и средним модулем Hartig'a наблюдалось нами и в целом ряде других сортов бумаг. Поэтому для практики достаточно принять:

$$x_2 = \frac{vq}{\sqrt[3]{q^2}} = v \sqrt[3]{q}$$

1) Величины q , L и δ найдены Госуд. Бумажной Испытат. Станцией.

Простейшей функцией двух независимых друг от друга факторов может быть принято их среднее геометрическое, т. е. корень квадратный из произведения:

$$C = k \sqrt{x_1 \cdot x_2} = k \sqrt{\frac{\pi \Sigma d}{Bp \cdot p/q}} \cdot v^3 \sqrt{q} = kx.$$

Полученное выражение является вполне тождественным с вышеприведенной формулой для распределения расходов переработки по сортам бумаги и, как увидим далее, оказывается вполне пригодным для этих целей.

Здесь, при вычислении x сначала распределяем сумму всех расходов (без стоимости композиции, отделки и упаковки) между машинами.

Для А^{xxx} фабрики за февраль по бухг. отчету она равна:

сумме всех производственных расходов	Руб. 290.708.—
без стоимости основных материалов	132.714
разных " " " " " "	19.036
	151.750
исключая стоимость упаковочных—	9.103
	142.647
и сданных обратно	695
	141.952
	141.952.—
	Руб. 148.756.—

В феврале было выработано на четырех машинах

		руб./маш.	руб./пуд.
II—6.839 пд. бр. по коэфф.	1,025 = 7.010	21.850	3.20
III—12.627 " " " " "	0,886 = 11.200	35.100	2.78
IV—15.546 " " " " "	0,848 = 13.200	41.000	2.64
V—21.846 " " " " "	0,747 = 16.350	50.700	2.32
		47.760	148.650
			3.12

Числа справа дают стоимость накладных расходов на пуд среднего сорта каждой машины.

Сопоставим величины стоимости производства А^{xxx} ф-ки на пуд среднего сорта по отдельным машинам; найденные тремя способами:

- 1) обычным бухгалтерским, т.е. разнося пропорционально времени работы каждой машины,
- 2) условным практическим, пропорционально наибольшей рабочей ширине и скорости машин (предлож. инж. А. М. Соколовым),
- 3) по одной из наших формул (за март с/г.).

		1	2	3
Машина	II	4.70	2,16	3,06
"	III	2.28	2,52	2,41
"	IV	2.12	2,22	2,23
"	V	1.55	1,96	1,86

Отсюда видно, что практический способ (2) дает довольно близкие цифры к нашим в тех случаях, когда фактическая средняя скорость и использованная ширина сетки близки к наибольшим (маш. IV). Цифры же старого бухгалтерского подсчета дают более резкие различия для разных машин, что не вполне соответствует опыту.

Теперь, подобным же образом, распределяем стоимость переработки по сортам, сработанным на каждой машине.

Писчая № 8 работалась на II-й машине; поэтому распределение делаем для этой машины.

		x	Руб./пуд.	Руб./сорт.
Писчая № 8	2.451 пуд.	1,08	4.13	10.150
Спичечная .	697 "	1,02	3.38	2.360
Печатная . .	2.672 "	0,97	2.12	5.670
Газетная . .	1.019 "	1,00	3.11	3.170
	6.839 "		3.20	21.350 = 21.850

Приняв за единицу средний сорт (3 р. 20 к. на пуд.), получим для вычисления статей стоимости переработки по сортам II-ой машины для:

Писчей № 8 — 1,29
 Спичечной . — 1,06
 Печатной . . — 0,66
 Газетной . . — 0,97

Далее, после распределения расходов по переработке, калькуляция идет, как обычно: со стоимости бумаги брутто снимается излишек материалов (разность весов бум. брака, полученного при производстве 22,8 пуд. и израсходованного 21,2 пуд. на 100 пуд. брутто); затем, учитывая выход нетто из брутто 77,2% (по контрольно-калькуляцион. карточке), находится стоимость 1 пуда нетто; добавляя к ней стоимость упаковки, отделки и сортировки из особой ведомости, доставленной с фабрики, получаем окончательно себестоимость бумаги фр. фабрика в 9 р. 20 к.

Коэффициенты x можно применять еще и другим способом, зная время работы каждого сорта, именно:

	часов.	x		пудов.
Писчая № 8	241,5	1,08	= 261	: 2.451 = 1,065.4 = 4,26
Спичечная .	57,8	1,02	= 59	: 697 = 0,847.4 = 3,39
Печатная . .	147,0	0,97	= 142,5	: 2.672 = 0,533.4 = 2,14
Газетная . .	78,8	1,00	= 78,8	: 1.019 = 0,775.4 = 3,10
	525,1 час.			3,22

Отсюда видно, что коэффициенты x действительно могут считаться пропорциональными величине стоимости переработки на 1 пуд каждого сорта.

Еще более простой способ использования коэффициентов x , зная число пудов в единицу времени p :

	$x : p$	Руб./пуд.
Писчая № 8	1,08 : 11 — 0,098	43,2 — 4 р. 22 к.
Спичечная	1,02 : 13 — 0,078	43,2 — 3 р. 38 к.
Печатная	0,97 : 19,7 — 0,049	43,2 — 2 р. 12 к.
Газетная	1,00 : 13,9 — 0,072	43,2 — 3 р. 11 к.
	0,297 : 4 = 0,074	3 р. 20 к.

Множитель 43,2 получается от деления 3.20 на 0,074.

Для облегчения широкого применения способа, само собой разумеется, необходима соответствующая организация технического учета на местах; в частности следует вести запись рабочей ширины бумаги, скорости хода машин, плотности бумаги, времени работы по каждому сорту в отдельности.

Формула накладной стоимости производства 1 пуда бумаги в приведенном виде позволяет при помощи известного уравнения — $p = q \cdot v \cdot B$, сделать некоторые преобразования и упрощения.

$$c \frac{\text{руб.}}{\text{пуд.}} = k \sqrt{\frac{\pi \Sigma d^3}{B^3} \cdot v \frac{\text{м.}}{\text{мин.}}} \cdot \sqrt[3]{q \cdot \frac{\text{кг.}}{\text{м}^2}} \cdot \left(p \frac{\text{кг.}}{\text{мин.}} \cdot \frac{p \frac{\text{кг.}}{\text{мин.}}}{q \frac{\text{кг.}}{\text{м}^2}} \right)$$

Именно: заменим $v = \frac{p}{qB}$, тогда

$$c \frac{\text{руб.}}{\text{пуд.}} = k \sqrt{\frac{\pi \Sigma d}{B} \cdot \frac{p}{qB} \sqrt[3]{q} \cdot \frac{q}{p^2}}$$

$$c \frac{\text{руб.}}{\text{пуд.}} = \frac{k}{B} \sqrt{\pi \Sigma d} \cdot \sqrt[3]{\frac{q}{p}} = \frac{k}{B} \frac{\sqrt{\pi \Sigma d}}{\sqrt[3]{p}} \sqrt[3]{q}$$

При небольшом диапазоне вырабатываемых плотностей корни 6-ой степени мало отличаются, например, даже для q от 30 до 90 гр./м², значения корня 6-й степени 1,74—1,98 близки между собой, тогда для одной и той же машины ($\sqrt{\pi \Sigma d} = \text{const}$) и неизменной ширине сетки B величина c исключительно определяется через p , как обратная функция, именно с пропорциональностью корню квадратному из минут на килограмм.

Интересна еще подстановка $C = c \cdot g$, где C — общая сумма накладных затрат на g пудов выработанного сорта бумаги и $p \cdot T = g$

$$\frac{C}{g} = \frac{k \sqrt{\pi \Sigma d} \sqrt[3]{q}}{B} \cdot \frac{I}{\sqrt{g \cdot T}} = K \cdot \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{g}}, \text{ откуда}$$

$$C = K \cdot \sqrt{g \cdot T}$$

Накладная стоимость, таким образом, пропорциональна среднему геометрическому из переработанной массы вещества g и продолжительности переработки этой массы T .

- Следствия: 1) при $T=1$, $g=p$ и $c_1 \frac{\text{руб.}}{\text{мин.}} = K \cdot \sqrt{p \frac{\text{кгр.}}{\text{мин.}}}$
 2) при $g=1$, $T=1$ и $c_2 \frac{\text{руб.}}{\text{кгр.}} = K \cdot \sqrt{t_1 \frac{\text{мин.}}{\text{кгр.}}}$

Возвышая в квадрат обе части и соответственно отбрасывая знаменатели в измерениях, получим:

$$1) C_1 \text{ руб.}^2 = K^2 \cdot p \text{ кгр.}$$

$$\text{и } 2) C_2 \text{ руб.}^2 = K^2 \cdot t_1 \text{ мин.}$$

$$\text{откуда } 3) \left[\frac{C_1}{C_2} \right]^2 = \frac{p \text{ кгр.}}{t_1 \text{ мин.}}$$

Последнее соотношение легко проверить на численном примере. Машина III—V^{xxx} фабрики при затрате 0,249 руб. на кгр. или 1 руб. 33 коп. в минуту выработала в феврале за 520 час. около 175.000 кгр. бум. брутто.

$$\text{Находим } \left[\frac{C_1}{C_2} \right]^2 = \left[\frac{1.330}{0.249} \right]^2 = 28,5 \dots \dots \dots (\text{A}).$$

$$p = 175.000 : 520 \cdot 60 = 5,35 \frac{\text{кгр.}}{\text{мин.}}$$

$$t = 520 \cdot 60 : 175.000 = 0,187 \frac{\text{мин.}}{\text{кгр.}}$$

$$\frac{p}{t} = \frac{5,35}{0,187} = 28,6 \dots \dots \dots (\text{B}).$$

Найдем величину K из уравнения:

$$C_1^2 = K^2 \cdot p$$

$$K = \frac{C_1}{p^{1/2}} = \frac{1,330}{5,35^{1/2}} = \frac{1,330}{2,32} = 0,575 \dots \dots \dots (\text{C}),$$

или из уравнения $C_2^2 = K^2 \cdot t_1$

$$K = \frac{C_2}{t_1^{1/2}} = \frac{0,249}{0,187^{1/2}} = \frac{0,249}{0,432} = 0,576 \dots \dots \dots (\text{D}).$$

Далее по K найдем и среднее значение k из

$$K = k \frac{\sqrt{\pi \Sigma d \sqrt[3]{q}}}{B}, \text{ откуда для III маш. V}^{\text{xxx}} \text{ фабрики}$$

$$k = \frac{K \cdot B}{\sqrt{\pi \Sigma d \sqrt[3]{q}}} = \frac{0,575 \cdot 2,19}{\sqrt{39,0 \cdot 0,358}} = \frac{1,26}{\sqrt{14,1}} = \frac{1,26}{3,76} = 0,335$$

$$\text{при } B = 2,190 \text{ м. } \pi \Sigma d = 39,3 \text{ м. и } \sqrt[3]{q} = \sqrt[3]{0,0458} = 0,358$$

А среднее взвешенное k для всех фабрик ЦБТ за февраль—0,338.

Легко убедиться, что размер $k=0,335$ есть число рублей квадратных на минута-килогр. ($0,335 \cdot 16,4 \cdot 60 = 330 \text{ руб.}^2 \text{ пуд. час.}$ если заметим что $k=K^2$, как оно и есть: $0,576^2 = 0,335$).

Для однородности уравнений (1) и (2) необходимо и достаточно, чтобы K имел размер рублей на килогр.—минуту в степени $\frac{1}{2}$.

$$\text{Тогда } k = K^2 \cdot \frac{\text{руб.}^2}{\text{кгр. мин.}}$$

Отсюда то и получаются наши упрощенные способы распределения накладных расходов. Так, деля k на p кгр./мин. получаем

$$\frac{k}{p} = \frac{\text{руб.}^2}{\text{кгр.}^2} = C^2.$$

Извлекая из результата кв. корень, найдем стоимость переработки на пуд.

Таким образом при вышесделанных оговорках, применение нашего способа не труднее, но скорее даже легче и быстрее сравнительно со старыми, он более точен и обоснован теоретически, дает возможность произвести калькуляцию по существу и результатами своими может руководителям промышленности и производства значительно упростить дело контроля затрат и распределения заказов по машинам.

Приложим в заключение последние формулы к численному примеру распределения общей суммы расходов 184.900 рублей

для фабрик:		С	В	А
Выработка пудов	g	12.379	20.368	10.667
Проработано часов	T	1.014	1.620,5	520
Произведение	$g \cdot T$	—	—	—
Корень квадратный	$\sqrt{g \cdot T}$	3,540	5.750	2.340
Вычислен. сумма накладных расходов	C_0	56.200	91.500	37.200
Фактическая сумма накладных расходов	C	53.200	100.000	31.700
Стоимость переработки вычисленная	C_0	4 р. 55 к.	4 р. 50 к.	3 р. 48 к.
То же фактич.	C	4 р. 30 к.	4 р. 90 к.	2 р. 98 к.

Вышеприведенные цифры наглядно показывают справедливость соотношений, нами установленных, вернее, оформленных, т. к. заслуга установления принадлежит целым поколениям бумажников, интуитивно нашедших наиболее оптимальные условия работы на машинах. Наши формулы только подводят итоги безыменному коллективному технико-экономическому опыту. Пусть теперь его используют новые поколения, хотя бы для того, чтобы путем проверки их на практике и сличения с опытными данными выработать более точные и простые способы распределения производственных затрат по сортам, в тех случаях, когда непосредственное снесение расхода прямо на данный сорт невозможно или когда требуется быстро иметь ориентировочную калькуляцию ассортимента, зная данные калькуляции средней бумаги.