

О качественно-количественной мере продукции бумажных машин¹⁾.

Всякое производство есть искусственное облагораживание исходных материалов, выявление и интенсификация скрытых в них полезных качеств. Другими словами — вещество исходных материалов, преобразуемое в процессе производства по внешней форме или по внутренней структуре, в окончательном продукте приобретает большую степень пригодности для потребления, для удовлетворения тех или других нужд. Таким образом, производственный процесс можно рассматривать, как совокупность операций выявления из сырья потребительной ценности за счет затраты энергии вещественных средств производства (мышечной и нервной ткани человека, топлива и химических реагентов и пр.).

Поэтому общепринятый способ суждения о результатах большинства производств исключительно по весовому количеству выработки, не обращая внимания на качество ее, следует признать далеко не совершенным, а для обрабатывающих сырье отраслей промышленности, к каковым относятся бумажное и полуфабрикатные производства, прямо-таки неверным.

В самом деле: разве, применяя бумагу, мы используем только ее вес? Нет, конечно; в зависимости от целей и назначения мы предъявляем к тому или иному сорту ее ряд требований различных качеств — внешних и внутренних. Из них в первую очередь общее и специфическое свойство для всех бумаг — плоской внешней поверхности листа, и во вторых, почти не менее важное, свойство прочности, свойство более или менее длительного сохранения при использовании, как и для всех строительных материалов, к которым по существу применения относится и бумага.

Итак, одно и то же по весу количество бумаги, в зависимости от степени содержания в нем совокупности тех или иных полезных качеств, может быть различно и, без сомнения, весовая единица не в состоянии дать нам качественной оценки.

Поскольку же, как мы сказали, результаты производства, наряду с их количественной формой, всегда заключают и качественное содержание, которое суммирует в продукте все затраты энергии в производстве, постольку необходимо оценивать их и в качественном отношении.

¹⁾ Доклад на VII-м Техн. Советании ЦБТ 28 авг. 1924 г.

В вопросах оценки результатов производственного процесса и балансирования их с разнообразными видами затрат обычная экономическая мера ценности — денежная единица, как бы она ни была устойчива, для производственника неудовлетворительна. Это — мера потребителя; она чужда кругу технических понятий, выросших на почве точного естествознания. Естественной мерой ценности должна быть физическая величина — энергия, производная из трех основных простых понятий: 1) М — массы (вещества, содержания); 2) L — длины (расстояния, формы) и 3) T — времени (последовательности, длительности), проще сказать, веса, меры и счета — трех доисторических предков современной абсолютной системы физических размерностей.

Найдя способ выражать в единицах энергии, или им эквивалентных, разнородные качества продукции и ценности затраченных средств производства (например, как уже давно применяемый в теплотехнике перевод различных видов топлива в нормальное 7000 калорийное), — можно оперировать с полученными однородными числами и находить их численные отношения. Это и будет качественно-количественная мера продукции.

Основное полезное качество бумаги, как было отмечено, есть наружная поверхность. Ее масса, вещественность, иной раз является как бы балластом, только носителем полезных свойств, и имеет второстепенное значение. Нередко излишний вес бумаги оказывается даже нежелательным, так как бумага по своему назначению должна быть портативна (удобоперемещаемая). Поэтому выработку бумаги на машинах следует оценивать не только по весу, но и по площади отформованной в единицу времени поверхности.

В процессе производства бумаги из сырья (например, целлюлозной бумаги, натуральной из дерева) — масса сырья уменьшается, а за счет этого уменьшения и др. производственных затрат возрастает потребительная ценность — площадь внешней поверхности. Разберем численный пример для уяснения этого положения.

Из скалки баланса 15 см. диаметром и 200 см. длиной, весом 17,72 кг. при 15% влаги и 17,2 при 12%, имеющей площадь наружной поверхности (торцы и цилиндрическая часть) — 0,98 кв. м., получается 8,6 кг. целлюлозы с 12% влаги (потеря 4% от теоретич. 52%). Переводя к 6% влажн. бумаге и приняв 1% промая, получим на сетке 8 кг. целлюлозного волокна. При 76 гр. в кв. м. в 1 кг. бумаги будет 13,2 кв. м., а с двух сторон 26,4 кв. м., а во всем количестве $8 \times 26,4 = 211,2$ кв. м. Приrost полезного качества — разность площадей $211,2 - 0,98 = 210,22$ кв. м. получился, между прочим, за счет уменьшения количеств $17,2 \cdot 0,94 - 8 = 8,2$, т.е. в среднем ценой потери 1 кг. балласта мы произвели 26,2 кв. м. внешней поверхности. Первоначальная площадь увеличилась в $211,2 : 0,98 = 216$ раз; а площадь удельной поверхности, т.е. отнесенной к 1-це веса в $(211,2 : 8 = 26,4) : (0,98 : 16,2 = 0,06) = 440$ раз.

Приведя затраченное топливо 1,4 кб. с. дров на 100 п. целлюлозы и 1,73 кб. с. на 100 пуд. бумаги в калории, а также затраченный труд соотв. на 100 пуд. целлюлозы 38,7 чел.-дней и на бумагу 70,5 чел.-дней, считая 3000 кал. на человека в день и 1 кб. с. дров — эквивалентной 12.635.000 калорий, найдем, что на отформовку 210,22 кв. м. всего истрачено 108.000 кал., т.-е. на 1 кв. м. — 512 кал. и обратно с 1000 кал. вышло ок. 2 кв. метров.

Как видно из этого примера, можно получить новые интересные соотношения уже при учете только внешнего полезного качества бумаги — площади наружной поверхности.

Бумага всех сортов, папка и картон различаются весом единицы площади, называемым обычно „плотностью“ бумаги — q граммов в кв. метре. ¹⁾ Эта величина обязательно дается в заказах и при выработке следят за ее постоянством для всей партии; ее следует указывать и в отчетах.

Обратная величина $1000:q = N$ кв. метров в 1 килограмме выражает площадь, приходящуюся на 1 килограмм. Эта величина аналогична с „номером“ пряжи, представляющим длину единицы веса и может быть названа „номером“ бумаги. В нашем примере $N = \frac{1000}{76} = 13,2$.

Если выработка данного сорта была p килограммов, то $p \cdot \frac{1000}{q}$ — есть площадь отформованной за то же время наружной поверхности бумаги, считая по одной стороне.

Не менее практически важным свойством бумаги, как строительного материала, служащего для длительного использования, является механическая ее прочность. Химической стойкостью обладает уже сам исходный материал, и степень долговечности бумаги, сохранения ею физической целостности в течение времени при обычных условиях потребления, определяется, главным образом, тщательностью выработки и зависит от подготовки волокна, характера размола и свойлачивания волокнистого материала, что подтверждается многими лабораторными исследованиями и известно всякому практику.

Теоретический анализ показывает, что мерой разработки волокна может служить суммарная площадь поверхностей отдельных волокон. При размоле число волокнистых элементов увеличивается и хотя площадь каждого уменьшается, но общая сумма площадей возрастает очень быстро.

Эта же сумма площадей определяет и степень свойлачивания: лучше разработанные волокна плотнее и совершеннее соединяются между собой и тем обеспечивают механические свойства бумаги — актив-

¹⁾ Тот же смысл имеет и вес стоны определенного числа листов и формата. Термин „плотность“ не точен и не соответствует физическому понятию того же наименования отчасти он характеризует толщину бумаги при одинаковом ее удельном весе.

ное сопротивление, измеряемое, так называемой, разрывной длиной L и пассивное сопротивление, растяжимость δ — удлинение при разрыве.

Степень разработки и тщательности укладки волокна обуславливает большую затрату времени, а следовательно труда и энергии. Вполне естественно поэтому оценивать здесь результат работы по величине главных механических свойств — крепости и растяжимости, объединяя их в одно число — модуль Гартига — $A = L\delta$.

Это число, как нам удалось показать, тесно связано с величиной площади суммарной поверхности волокон, скрытой в бумаге или другом волокнистом материале. Таким образом, главное внутреннее качество бумаги выражается в свою очередь величиной, эквивалентной некоторой площади.²⁾

Для определения порядка величины этой площади сделаем численный пример. Объем нашей скалки (при принятом удельном весе дерева с 15% влаги — 0,5), вычисленный по его размерам, равен 35.400 куб. см. Объем среднего волокна чистой еловой целлюлозы, принимая трахеиду цилиндрического сечения диаметром 0,038 мм и длиной 2,4 мм, равен 0,00273 куб. см.

Чтобы определить приблизительное число таких волокон в скалке баланса, прежде всего надо привести объем чисто-целлюлозного волокна к объему лигноцеллюлозного. Приняв в среднем весовое содержание целлюлозы 52% и лигнина 30% и удельный вес первой 1,3, а второго — 1,71, найдем объемное соотношение $(30 : 1,71) : (52 : 1,3) = 17,5 : 40 = 0,44$, т. е. на 1 объем чистой целлюлозы приходится $1 + 0,44 = 1,44$ лигноцеллюлозы, и объем среднего одеревеневшего волокна определится в $0,00273 \cdot 1,44 = 0,00393$ или 0,004 куб. мм. Теперь заметим, что весь объем пор дерева составляет по теоретическому подсчету около 70%, из них на внутречеточные поры можно принять около половины; согласно опытам С. А. Фотиева над выделением воздуха из щепы — объем пор составляет 40% от объема щепы при плотности ее 0,5. Таким образом, вещественный объем нашей скалки за вычетом междуклеточных пор $35.400 \cdot 0,30 = 10.620$ куб. см.

Сколько раз объем среднего волокна древесины содержится в этом объеме, столько, примерно, будет и отдельных волокон:

$$10.700.000 \text{ куб.мм.} : 0,004 \text{ куб. мм.} = 2.675.000.000$$

Площадь наружной поверхности нашего чистоцеллюлозного волокна 0,286 кв.мм. и суммарная площадь $2.675.000.000 \times 0,286 = 765.000.000$ кв.мм. или 765 кв. метров на вес 8 кгр., т. е. удельная поверхность составит около $96 \frac{\text{кв. м.}}{\text{кгр.}}$. По отношению к начальной общей поверхности скалки вся развернутая поверхность в $765 : 0,98 = 780$ раз более, а удельная в $96 : 0,06 = 1600$ раз больше. Итого в результате перера-

²⁾ Подробнее см. наши работы: „Теория и практика испытания волокнистых материалов“ стр. 37—114, и „Этюды механической технологии бумаги“, стр. 11—24.

ботки скалки баланса в чистую целлюлозу раскрыто, примерно, 764 кв. м., поверхности, из них площади наружной поверхности бумаги 211 кв. м., следовательно внутри бумаги остается скрытой 553 кв. м., т.-е. на 1 кгр. 69,5 кв. м., обеспечивающей ей максимум 11 километров разрывной длины при 5% удлинения, т.-е. модуль Гартига=55; в этом численном примере на единицу удельной энергии, выражаемой модулем Гартига, приходится около 1,25 кв. метров площади скрытой удельной поверхности.

Для дерева скрытая удельная поверхность $764:17,2=44,5$ кв. метров в килограмме, разрывная длина елового дерева 10 кгр., но растяжимость меньше—3,6%, следовательно модуль Гартига 36 и на его единицу здесь приходится 1,24 кв. м./кгр.; величина, мало отличающаяся от вышенайденной для бумаги.

Сравнивая прочность исходного материала и бумаги, обычно видим, что по крепости последняя оказывается меньше, но по растяжимости больше, и, таким образом, как общее правило, скрытая поверхность в процессе производства получает приращение. В частных же случаях крепость бумаги на единицу веса может достичь крепости рельсовой стали. Уменьшение крепости в готовой бумаге есть признак несовершенства взаимного сцепления волокон от недостаточной их разработки.

Оценим эффект целлюлозного производства 764 кв. метрами развернутой поверхности из нашей скалки в 8,6 килогр. целлюлозы, т.-е. 89 кв. м. в одном килограмме, а производство бумаги 210 кв. метрами внешней поверхности в 8 кгр., т.-е. 26,2 кв. м., в одном килограмме. Заметим, что на 1 кгр. целлюлозы затрачено брутто топлива 10.750 калорий и труда 71 кал., всего 10.821 кал. за время 0,34 мин., т.-е. 31.800 кал./кгр. в минуту следовательно:

$$K = 31.800 : 89 \text{ кв. м./кгр.} = 357$$

есть интенсивность энергии, необходимой для образования 1 кв. метра удельной поверхности целлюлозы.

В свою очередь на 26,2 кв. м./кгр. бумаги требуется брутто в виде топлива 13.300 кал. и труда 129 кал., всего 13.430 кал. на 1 кгр. за 1,6 мин., т.-е. 8.550 калорий на килограмм в минуту, и на 1 кв. м. удельной поверхности бумаги $K = 8.550 : 26,2 = 327 \frac{\text{кал.}}{\text{мин. кв. м.}}$. Так как

при делении в измерении частного килограмма сокращаются, то результат для целлюлозы 357 и для бумаги 327 (величины одного порядка) выражается в калориях в минуту на один квадратный метр площади образуемой внешней поверхности. Физическая размерность калорий такая же, как и работы, именно $(M L^2 T^{-2})$, поэтому окончательная размерность полученного частного $(M L^2 T^{-2} : T^{-1} L^{-2}) = M T^{-3}$ — масса, деленная на куб. времени. Интересно, что, поскольку исходные цифры развернутых площадей близки к истине, найденные числа K

для бумаги и целлюлозы находятся почти в том же соотношении, как стоимости S — затрат производства в минуту, именно:

S бумаги 1,76 коп./мин. и целлюлозы 1,90 коп./мин.

K „ 327 кал./кв.м. мин. „ 357 кал./кв. м. мин.

отношение $S_d : S_6 = 1,08$,

$K_d : K_6 = 1,09$,

а стоимость в коп. на тысячу единиц израсходованной мощности для бумаги $S_6 : K_6 = 5,40$ к./1000 кал. мин.

„ целлюлозы $S_d : K_d = 5,32$ к./1000 кал. мин.

Представляется весьма интересным определить здесь же, исходя из полученных цифр, стоимость 1 человека-дня и 1 кв. с. топлива для бумажного и целлюлозного производства. Вычисления эти дают следующие „нормальные“ величины.

	Бумага.				Целлюлоза.			
	колич.	цена.	сумма.	%	колич.	цена.	сумма.	%
Топливо . . .	1,73 к.с.	56 р. 30 к.	97,5 р.	13	1,4 к.с.	55 р. — к.	77 р.	44
Рабсила . . .	70,5 „	1 „ — „	70,5 „	9,4	38,7 „	— „ 90 „	35 „	20
Итого			168 р.	22,4%			112 р.	64%

Себестоимость 100 п. 7 р. 50 к. 750 р. 100,0 100 п. 1 р. 75 к. 175 р. 100

Из этого второго примера можно убедиться, что скрытая поверхность материалов без сомнения находится в связи как с затраченной на ее развертывание энергией, так и с результатом производства в виде приобретенного полезного свойства, т.-е. накопленной в продукте энергией в форме потребительной ценности, в нашем примере — площади внешней поверхностью бумаги и ее прочностью, а также с ценностным выражением в денежных единицах.

Главным возражением против скрытой поверхности могло бы явиться указание на большую, почти непреодолимую, трудность непосредственного вычисления ее величины. Но здесь то и представляется возможность оценивать эту величину косвенно, путем испытания механических свойств продукта.

Лабораторное испытание механических свойств и вычисление модуля Гартига очень просто, если имеются соответствующие приборы. Но для практических целей можно составить таблицу нормальных коэффициентов, которые служили бы поправочными множителями для качественного „взвешивания“ результатов выработки.

Коэффициенты эти следовало бы установить раз навсегда лабораторными исследованиями бумаг разной композиции и выработки.

Необходимо только помнить, что так называемые отяжеляющие вещества (каолин, тальк, блан-фикс, асбестин), которые необходимо бывает добавлять в бумагу (главным образом печатную) для придания ей особых свойств, сами по себе ослабляют механические свойства и

понижают ее долговечность. С этим необходимо считаться. Опыты Шахта показали, что каждый 1% золы в бумаге снижает разрывную длину на 1%. Наша теоретическая формула дает на каждый 1% дачи каолина в массу понижение разрывной длины на 3%, что соответствует 33% удержания каолина в бумаге.

Диаграмма 1 показывает, что при ухудшении качества количество выработки увеличивается, но общий эффект остается почти без изменения: колебания зависят от изменения других второстепенных качеств бумаги — цвета, чистоты, блеска, проклейки, которые на результат численно мало влияют, учет же их мог бы сильно усложнить дело.

Итак, результаты производства бумаги не могут быть оцениваемы с одной количественной стороны. Должны быть учтены и главные качественные достижения — площадь внешней поверхности и площадь внутренней поверхности.

На основании вышесказанного предлагаем сложную качественно-количественную единицу меры производительности бумаги, названную „сортовесономер“ — CBN .

Это будет среднее геометрическое из количества $p = \frac{P}{T}$ продукции в весовых единицах P в единицу времени T и из качества, выраженного произведением внешней площади $K = \frac{p}{q} = p \cdot f$ (одной стороны) бумаги на $f_0 = v^2$ *) — площадь внутренней поверхности бумаги характеризуем.й модулем Гартига:

$$CBN = \sqrt{p \left(\frac{p}{q} f_0 \right)} = \sqrt{p^2 \cdot f \cdot v^2} = \frac{P \cdot l \cdot v}{T}, \text{ где } P = p T \text{ и } l^2 = f$$

*) Модуль Гартига имеет физическую размерность квадрата скорости, т.е. удельной энергии — v^2 .

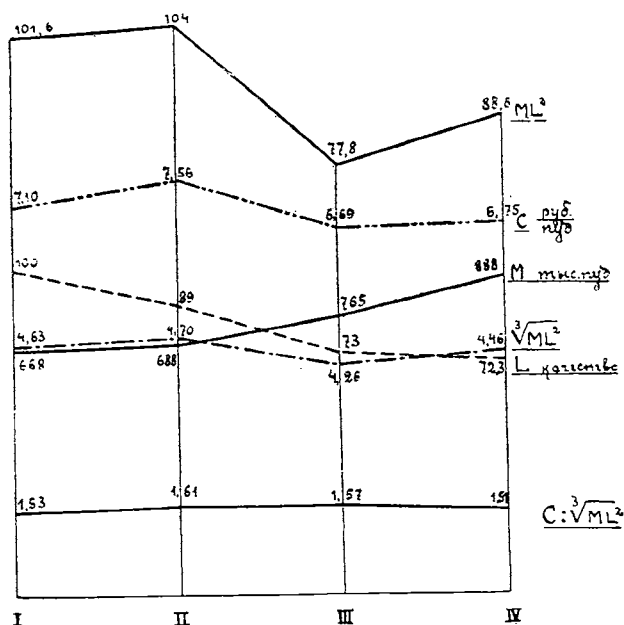


Диаграмма 1.

Производительность по четвергам года, количественная M тыс. пуд., качественная L % и в качественно-количественной единице $\sqrt{ML^2}$.

Отношение себестоимости C к $\sqrt{ML^2}$ оказывается статистически устойчивой величиной.

Физическая размерность этой единицы:

$$[CBN] = [M. L. L. T^{-1}. T^{-1}] = [ML^2 T^{-2}]$$

такая же, как и энергии.

Выражая общий качественно-количественный эффект производства бумаги, сортоесономер дает более устойчивые результаты, не зависящие от сорта и плотности.

Как это видно из диаграммы 2, главной причиной колебаний является различие конструкций и размеров оборудования бумаго-

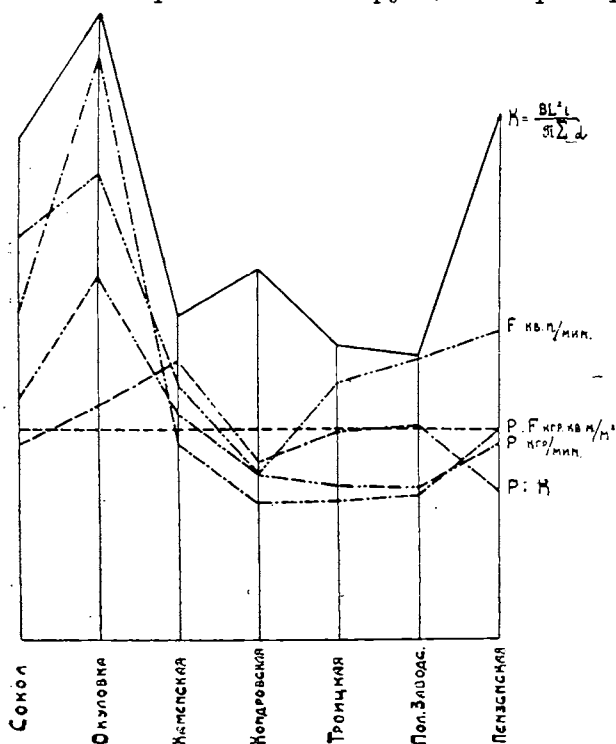


Диаграмма 2.

Производительность средней машины по фабрикам ЦБТ.

R — в килограммах в минуту,

F — „ кв. метрах „ „

R.F — килогр.-кв. метров в кв. минуту,

R:K — килограмм в минуту на единицу константы бумажной машины K.

делательных агрегатов (роллы—самочерпки) и, конечно, — степень их исправности и состояние паросилового хозяйства. Предполагая два последних условия вполне удовлетворительными для поправки на влияние на CBN различий оборудования, нами предложена формула сравнительной производительности машин, зависящая только от их размеров,

$$\text{именно, } K = \frac{BL^2 i}{\pi \Sigma d}, \text{ где}$$

L — длина сеточного полотна, B — наибольшая рабочая ширина сетки, i — число бумагосушительных цилиндров, $\pi \Sigma d$ — сумма их окружностей; как видим, это есть некоторая площадь — характеристика главных индивидуальных особенно-

стей самочерпки. Написав ее в таком виде:

$$K = BL \cdot \frac{L}{\frac{B \pi \Sigma d : B}{i}},$$

где BL — отформованная площадь за 1 оборот сетки, $\pi \Sigma d : i$ — средняя длина окружности бумагосушительных цилиндров, $(B \pi \Sigma d : i)$ — число единиц сушил. поверхности на каждый кв. метр бумаги от-

формованной, или число оборотов сушки на 1 погонный метр высушиваемой бумаги, найдем что K —число кв. м. суш. поверхности при одном обороте, приходящееся на отформованную площадь бумаги за один оборот сетки. Деля производительность на K , получаем результаты более устойчивые для разных фабрик.

Выводу и более подробному анализу этой формулы предполагается посвятить особую статью.

Для еще более полного освобождения результата производства от особенностей условий выработки следует учесть и организационную сторону предприятия. Попытка подхода к разрешению этой задачи нами предложена в № 12 журнала „Система и организация“ за 1924 г.

В таком, вполне обезличенном от объективных условий виде, размер продукции будет зависеть исключительно уже от степени искусства и прилежания работников и, следовательно, может быть положен в основу точного учета производительности труда. Но и без поправок предлагаемая качественно-количественная мера должна получить более широкое приложение, чем одна весовая. Прежде всего она заставляет обратить сугубое внимание на качество продукта, на его нормирование.

В установленных ВСНХ нормах композиционных материалов для бумаги следует видеть не только первый опыт нормализации расходов, следовательно, экономии народного достояния, но и первую попытку нормирования качества бумаги. Всем известно, что от композиции бумаги зависит качество продукта, и в этом отношении нужно наравне с повышением количества выработки стремиться к тому, чтобы дать потребителю в Советском государстве не фальсификат, а продукт, соответствующий его стоимости.

В отношении бумаги, особенно ответственного продукта, который должен хранить мысль и факты для будущих поколений, надо, чтобы производственники стремились к этому не только ради экономии, но и ради передачи в будущее культурных ценностей нашего времени, нанесенных печатным станком на ее внешней поверхности и защищаемых от разрушения скрытой поверхностью бумаги. Поэтому дальнейшие шаги нормализации должны идти в направлении выявления скрытого качества бумаги, которое зависит не столько от композиции, но и от того, каким образом эти составные вещества на фабрике перерабатываются, т.-е. от режима работы. Следует установить наилучший для каждого сорта и качества бумаги режим производства или его оптимум. Оптимум (наилучший результат) производства не есть максимум одного количества, это есть возможно высший предел качественно-количественных результатов. Как общий закон-произведение качества на количество остается постоянным, и увеличивая выработку выше указанного предела, понижаем качество продукции.

Для качественной оценки продукции бумаги и контроля качественной стороны производства должны быть привлечены товароиспытательные лаборатории ВТУЗ под общим руководством Государственной Бумажной Испытательной Станции ТЭС'а. Наравне с нормами композиции необходимо установить классы бумаг по крепости и декретировать обязательное испытание бумаг при покупке госорганами, особенно для бумаг долговременного пользования.

Правильное установление качества бумаги есть точное основание для ее расценки. Здесь заключается единственный путь для научного нормирования цен. Мы в СССР гораздо беднее англичан, но и англичане считают себя не настолько богатыми, чтобы покупать дешевые продукты. Ugly and cheap—дешево и гнило—таков их отзыв о германских товарах; нам в государстве трудящихся не следует идти по пути капиталистов Германии.

Ф. Бобров.
