

УДК 622.411.52

С.Б. Романченко

САМОДИСПЕРГАЦИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ – ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЙ ЭФФЕКТ, ВЫЯВЛЕННЫЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приведены результаты экспериментальных исследований, в результате которых установлено новое физическое явление – саморазрушение (самодиспергация) частиц угольной и породной пыли, происходящее после разрушения массива угля. Для наиболее интенсивного периода разрушения частиц угольной пыли установлены численные значения числа разрушающихся частиц в единице объема пыли.

Ключевые слова: угольная пыль, дисперсный состав, тонкие фракции пыли, разрушение частиц, микроскоп, лазерные исследования.

Современные технологии угледобычи сопряжены с непрерывным увеличением мощности горнодобывающей техники. Рост энергозатрат при разрушении угольного массива приводит к повышенной диспергации угля и росту угольных фракций 0-1 мм, относимых к угольной пыли. В процессе перемещения добытого угля по шахте происходит рост фракции 0-1 мм в угле с 7 % (лава) до 18 % (угольный склад шахты) и до 22 % на питателе в обогатительной фабрике. Указанные данные получены группой эффективности производства ОАО «СУЭК» на основе ситового анализа угля в 9 контрольных точках шахты им. С.М. Кирова (рис. 1).

Одним из основных факторов приводящих к дроблению частиц угля является непрерывный рост энерговооруженности предприятий, увеличение энергии, прикладываемой к массиву угля в процессе его разрушения. В современных шахтах имеются многочисленные пункты по дроблению угля, а также места его перегруза, в которых происходит механическое разрушение крупных фракций угля.

Одновременно с этим в образовавшихся угольных частицах различных фракций происходят внутренние процессы, играющие существенную роль в результирующем росте пылевых фракций и склонности пыли к витанию.

В проведенных ранее исследованиях на сканирующих микроскопах высокого разрешения (СЭМ) выявлена пористая структура угольных частиц включая фракции 0,1 ÷ 1 мкм. Наиболее характерные из сканирующих микроскопических изображений приведены на рис.2.

Для частиц, относимых к пыли (от 0,1 до 1000 мкм) характерным является наличие значительного объема пор, в ряде случаев даже мелкие угольные частицы (рис. 1, фрагмент В) представляют собой выражено слоистые образования. Вместе с положительными свойствами микроскопических исследований (детализация, высокое разрешение, «объемное» изображение в сканирующих микроскопах, наглядность результатов) в СЭМ возможно проведение анализам крайне ограниченного числа угольных частиц. Лазерный анализ позволяет

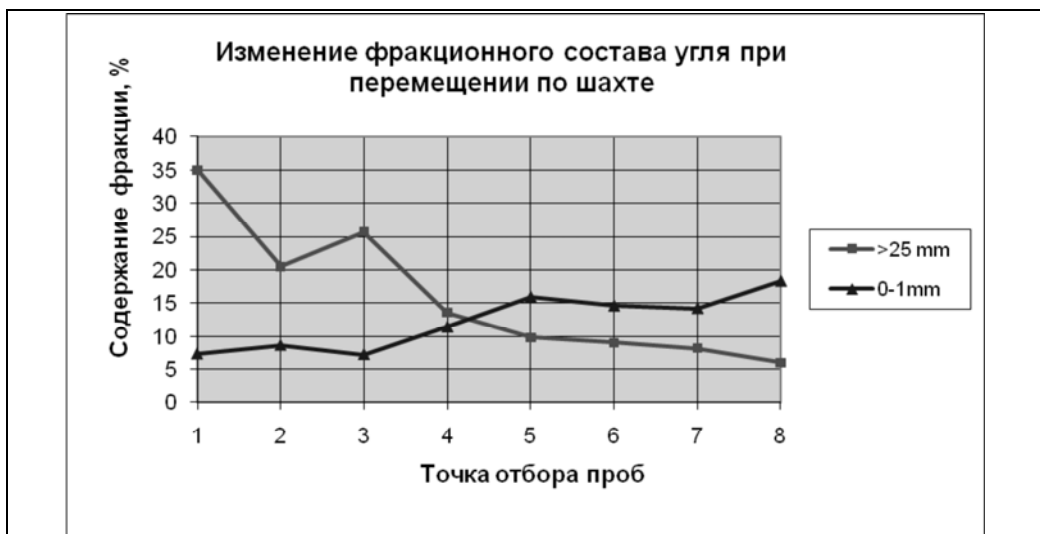


Рис. 1. Рост содержания тонких фракций в товарном угле при его перемещении по шахте (точки контроля 1 и 8 от лавы 24-51 до поверхности)

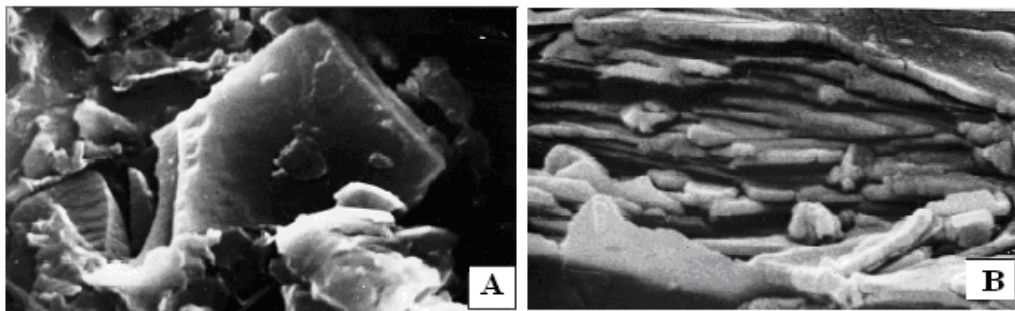


Рис. 2. Частицы угольной пыли при увеличении 50 000х (А - длиннопламенный уголь; В - антрацит)

изучить не отдельные объекты, а объем сыпучего вещества, в котором число частиц измеряется величинами порядка $10^9 \div 10^{12}$ и более единиц.

Исследования динамики фракционного состава фиксированных проб пыли проведено на лазерных анализаторах (типа «Анализетте-22», Фрич, Германия). Суть экспериментов состояла в следующем:

проводился отбор пробы угольной или углепородной пыли в забое (лава, подготовительная выработка), каждая

проба размещалась в герметичный сосуд и маркировалась;

определялся фракционный состав пыли на лазерном анализаторе непосредственно после отбора пробы;

отобранная пыль закрывалась в герметичную емкость, при этом в емкости сохранялась (фиксировалась в ограниченном объеме) влажность, проба хранилась при близкой к постоянной температуре (≈ 23 °С) на протяжении 3–12 месяцев;

380 **Численные характеристики динамики фракционного состава фиксированных объемов пыли**

Проба пыли, рисунок	Дата эксперимента	ΔT^* , месяцев	Мода 1, мкм	Мода 2 / Мода3, мкм	Максимальный. а.д., мкм	Доля фракций в пробе, %		
						до 10 мкм	10÷25 мкм	26÷45 мкм
Пыль промышленного размола, уголь Ж, Рис.3.11	Сентябрь 2007	-	73,9	-	261,7	7,7	8,6	19,2
	Сентябрь 2008	12	40,6	-	210,8	22,8	32,5	23,7
	Сентябрь 2009	12	24,0	-	190,4	22,6	28,8	23,3
Пыль очистного забоя, уголь Д, Рис.3.12	Сентябрь 2007	-	103,2	35,0 / 8,1	445,3	13,5	11,9	10,7
	Ноябрь 2009	26	74,8	20,5 / 2,4	204,6	19,9	21,7	14,9
Пыль подготовительного забоя, уголь Д, Рис.3.13	Сентябрь 2008	-	29	-	279,9	12,1	26,9	36,8
	Сентябрь 2009	12	27	-	147,0	12,7	33,0	25,2
Пыль на сетке пылеотсоса, уголь Д, Рис.3.14	Сентябрь 2008	-	36	-	343,6	14,5	20,5	49,7
	Сентябрь 2009	12	26	-	167,3	14,4	26,5	40,2
Углеродная пыль подготовительного забоя шахта «Вэст», уголь Ж, Рис.3.15	Август 2009	-	24,0	4,5	99,7	51,9	25,3	16,6
	Ноябрь 2009	3	15,4	1,8	74,8	57,4	31,5	10,1

*- время от предыдущего экспериментального определения фракционного состава данной пробы пыли

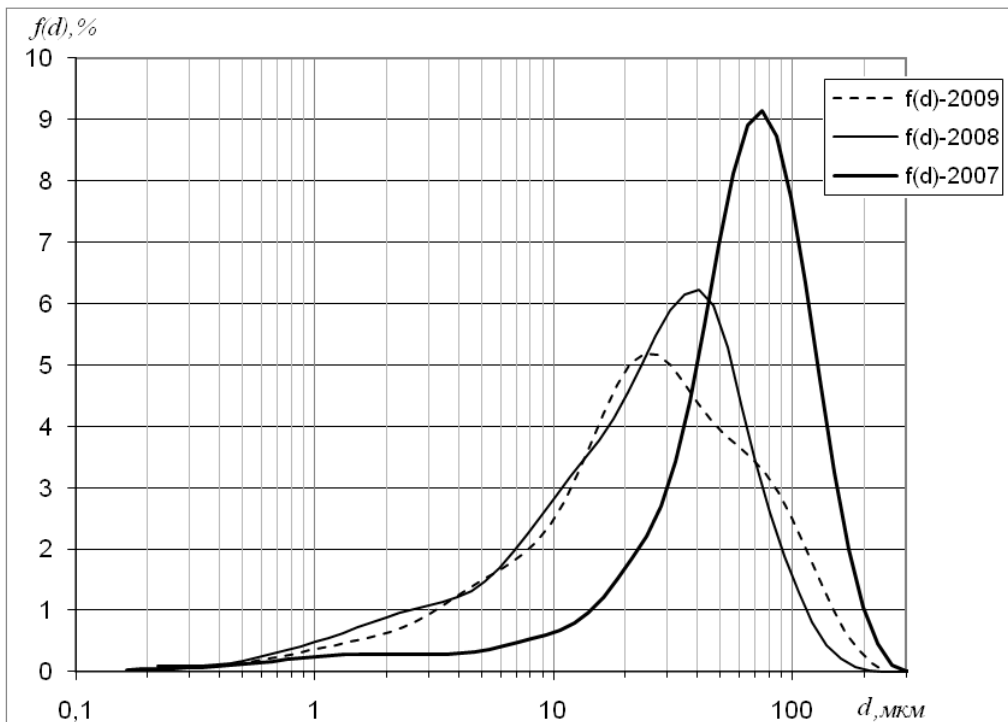


Рис. 3. Изменение во времени фракционного состава угольной пыли (уголь марки Ж)

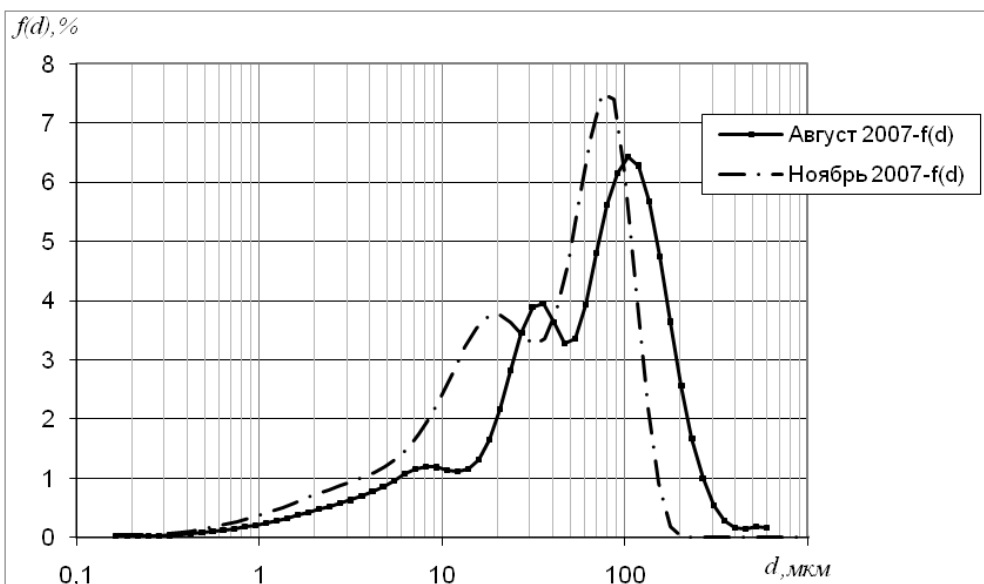


Рис. 4. Изменение во времени фракционного состава пыли (уголь марки Д)

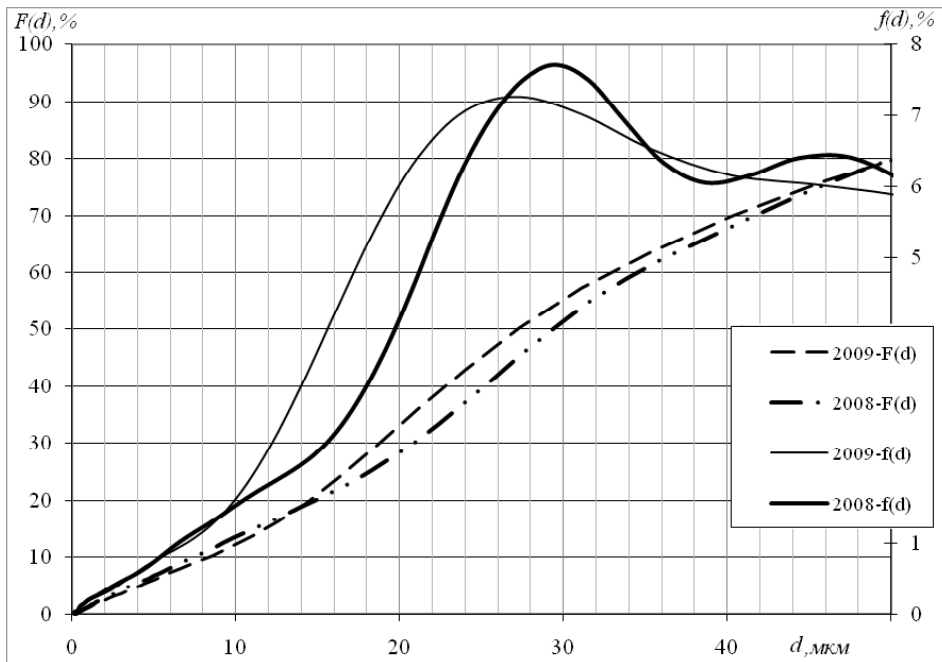


Рис. 5. Динамика фракционного состава угольной пыли (подготовительный забой; уголь марки Д)

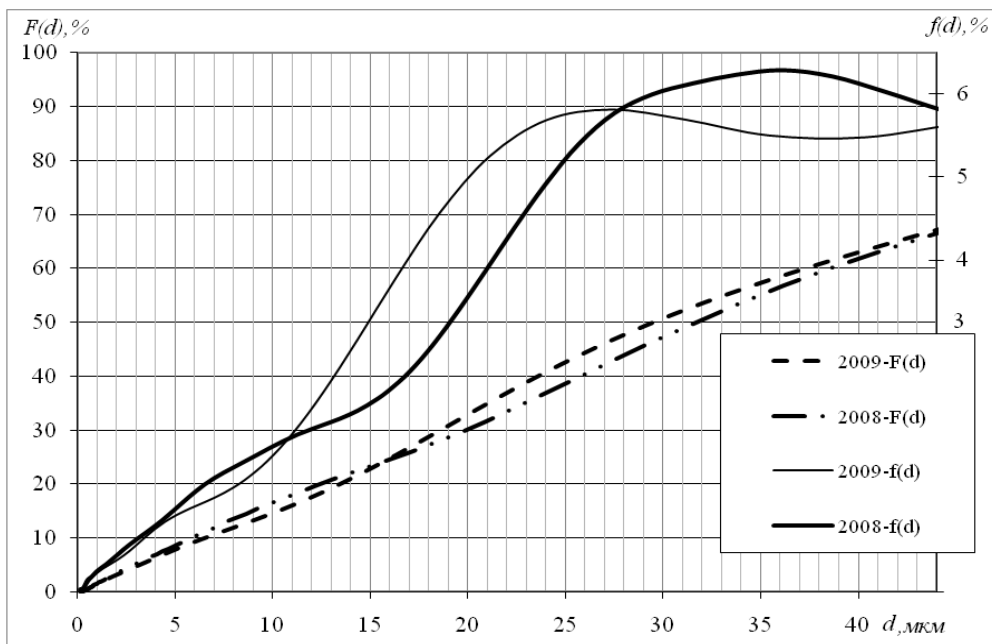


Рис. 6. Динамика фракционного состава угольной пыли марки Д (пыль, осаждаемая на сетке пылеотсоса)

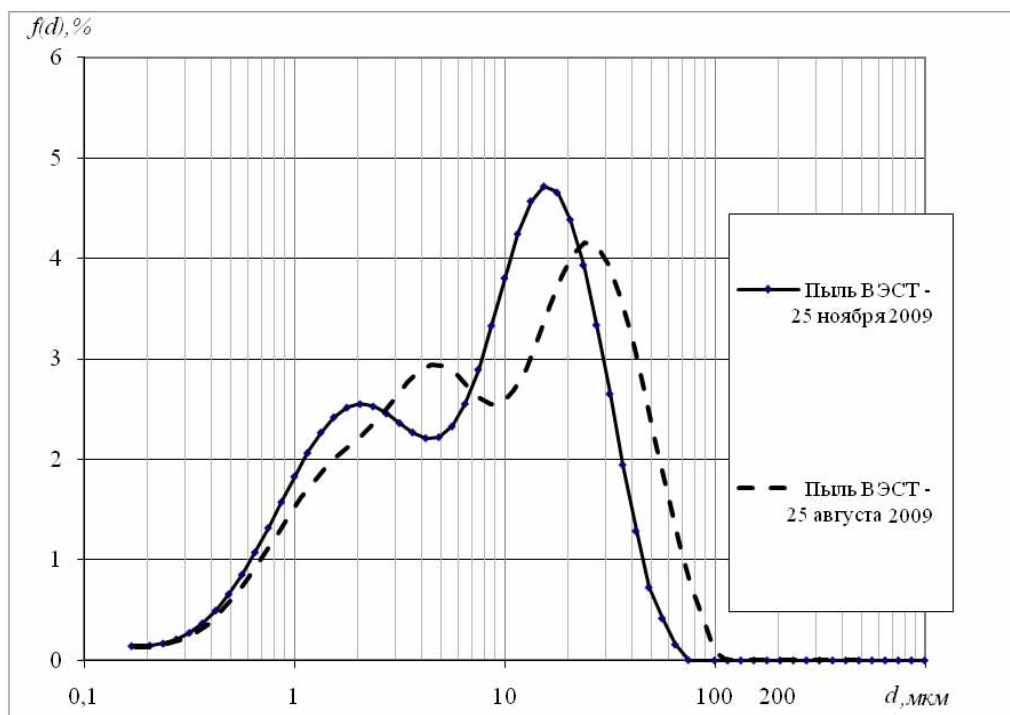


Рис. 7. Динамика фракционного состава углеродной пыли

проводился повторный фракционный анализ той же пробы пыли, проводилось сопоставления в дисперсном составе.

Исследованы пробы пыли угля марок Д, Ж и углеродной пыли (90 % алеврит, 10 % уголь марки Ж), объемом каждой пробы - 0,01 м³. Сопоставление результатов фракционного состава пыли (таблица; рис. 3÷7) позволяет сделать однозначный вывод о существенных изменениях в фракционном составе каждой из проб пыли:

- во всех пробах с течением времени происходил существенный рост доли тонких фракций пыли;
- до 30 % наиболее грубых фракций распались на более мелкие фрагменты и в повторных пробах в составе пыли не фиксировались;
- происходило уменьшение моды аэродинамического диаметра

мономодальной пыли (рис. 3, рис.5, рис. 6);

- в полимодальной пыли происходило одновременное снижение величины всех модальных значений диаметров частиц (рис. 4, рис. 7).

Для полимодальной пыли марки Д (рис. 4) определение фракционного состава с интервалом в 3 месяца выявило снижение основного модального значения а.д. частиц со 103 до 74,8 мкм; моды 2 с 35 до 20,5 мкм; моды 3 с 8 до 2,37 мкм.

На рис. 5-7 пыль угля марки Д образована при разрушении угольного массива проходческим комбайном.

Во всех рассмотренных результатах (таблица) происходило снижение моды и уменьшался максимальный размер частиц с течением времени.

Аналогичные процессы отмечены на углеродной пыли с содержанием

алевролита до 90 % (пыль подготовительного забоя шахты «Вэст», Германия, рис. 7). Фракционный состав пыли определен 25 августа и 25 ноября 2009 года.

Для наиболее интенсивного периода самодиспергации углепородных частиц (таблица) проведено определение скорости их самопроизвольного дробления.

Наличие детализированного фракционного состава позволяет провести подсчет количества частиц в определенном объеме пыли. Для первоначального фракционного состава (рис. 7, пунктирная кривая) в 1 см^3 пыли содержалось около 1,3 млрд частиц, а спустя 3 месяца в том же объеме число частиц возросло до 1,85 млрд. Таким образом процесс самодиспергации (физического разделения) частиц привел к приросту их числа на ≈ 550 млн. единиц в 1 см^3 в первые 3 месяца после пылеобразования. Это составляет около 28 % от первоначального числа частиц, а средняя скорость увеличения составляет ≈ 4200 частиц в минуту или 70 частиц в секунду.

Механизм рассмотренных выше процессов (рис.3÷7, табл. 1) возможно представить следующим образом: в массиве угля внешнее давление вмещающих пород уравнивается внутренним давлением. При разрушении угольного массива внешнее давление на частицы исчезает, внутреннее давление в частице уравнивается путем расширения трещин и пор, образованных в процессе интенсивного промышленного дробления. Кроме этого площадь поверхности в частицах в процессе дробления резко возрастает, химические реакции и физические процессы активизируются. К физическим и химическим процессам относятся газовыделение с обнаженной поверхности частицы, процессы первичной сушки, выравни-

вание внутреннего давления в частице, окислительные процессы на обнажаемых поверхностях и порах и другие преобразования. Расширение пор происходит вплоть до разделения пылевых частиц на фрагменты.

Процессы самодиспергации (таблица, на примере образца пыли угля марки Ж, анализ которых проводился в течение наиболее длительного времени) носят выраженный убывающий характер, снижение характерных размеров частиц (моды, максимальной величины частиц) и доли тонких фракций интенсивно происходит в первом периоде времени. В дальнейшем (рис. 3) эти процессы существенно замедляются.

Таким образом, в ходе микроскопических, ситовых и лазерных исследований формы и структуры частиц угольной пыли определено наличие множественных пор во всех фракциях пыли, доля которых в объеме частицы возрастает со степенью диспергации угля и с течением времени. Эффект саморасширения пор вплоть до самодиспергации частиц угольной пыли наблюдается от момента пылеобразования на протяжении 24 - 26 месяцев, наиболее интенсивно данный процесс протекает в первые 1-3 месяца после образования пыли. Непосредственным практическим следствием данных эффектов и процессов является резкое (в 1,5-5 раз) снижение плотности пыли как функции диаметра частиц твердого диспергируемого вещества. При полном цикле: добыча – обогащение - транспортировка по сети железных дорог - перегрузка в транспортных (балкерных) терминалах – погрузка (выгрузка) на суда – промышленное использование угля претерпевает существенные изменения в своем фракционном составе, что сказывается на его товарном качестве.

Длительность транспортировки угля по территории РФ и его доставки потребителям составляет сроки от нескольких дней до 2-3 месяцев, средняя дальность перевозки угля в РФ составляет около 2100 км. Поэтому пылевой фактор является одним из важнейших в угольной промышленности, аэрозоли с углеродной дисперсной фазой представляют серьез-

ную опасность для здоровья персонала (фактор пневмокониозоопасности) и для предприятий по добыче и переработке угля в целом (фактор пылевзрывоопасности). Вредные и опасные свойства пыли непрерывно увеличиваются за счет процессов самодиспергации (саморазрушения) частиц, описанных в данной статье.

ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Романченко Сергей Борисович – ОАО «СУЭК», главный горняк по комплексному обеспыливанию; кандидат технических наук, доцент; romanchenkob@suek.ru



ОБЯЗАТЕЛЬНО ЛИ ВСЕ ПРОЕКТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА ДОЛЖНЫ БЫТЬ РЕНТАБЕЛЬНЫМИ?

Такую цель перед собой ставить и не нужно. Во-первых, возможны ошибки и просчеты. Издатель, в том числе и опытный, не в состоянии учесть колебания рыночного спроса, появления в магазинах более удачной книги на ту же тему, капризов конъюнктуры. Поэтому любой издательский проект следует каким-либо способом страховать.

Во-вторых, ассортиментная политика может потребовать выпуска маловостребованной книги. Она может понадобиться через несколько лет, но откладывать ее по каким-либо причинам нельзя, хотя бы из-за преклонного возраста автора. Научная монография, которая разрабатывает оригинальную и малознакомую читателям тему, тоже может оказаться невостребованной. Но выпускать ее надо, со временем положение изменится.

В-третьих, политически полезно для издательства выпускать по мере возможностей книги, содержащие гуманитарные, непрофильные для издательства тексты. Ученые любят сочинять стихи и прозу, рисовать, предлагать невероятные проекты. Такие работы гармонизируют творческие коллективы, удлиняют жизнь авторам, создают благожелательную атмосферу в университете.

В-четвертых, важно понимать, что издательство еще и производство, которое требует стабильной загруженности работой. Простой издательского конвейера может нанести ущерб значительно больший, чем выпуск нерентабельного издания. Поэтому не следует крохоборствовать, а изредка приходится идти на издержки и выпускать временно невостребованные книги.

Л. Гитис