

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ИНГУЛЕЦКОГО ГОКА

Назаренко В.М., докт. техн. наук, Кривошеев А.В., канд. техн. наук,
Назаренко М.В., канд. техн. наук, Купин А.И.

Показана актуальность исследования информационных процессов в условиях горнообогатительного производства. Проанализированы объемы информации, обрабатываемые подразделениями Ингулецкого ГОКа. Получена аналитическая модель информационных потоков ИнГОКа. Показаны пути решения возникающих проблем.

Инфраструктуру современного производства составляют три вида тесно связанных между собой, циркулирующих в пространстве и времени потоков: вещественный, энергетический и информационный [1].

Применительно к условиям ГОКа, вещественный поток охватывает:

- основное и вспомогательное технологическое оборудование;
- поставляемое сырье (руда, шихта);
- транспортные средства (внутрикарьерные, внутрицеховые, межцеховые);
- номенклатура готовой продукции (концентрат, агломерат, окатыши);
- отходы производства (хвосты, песок).

Все эти аспекты составляют основу горнообогатительного производства и оказывают непосредственное влияние на его эффективность. Поэтому, можно утверждать, что вещественный поток является определяющим для любого ГОКа.

Энергетический поток охватывает все используемые виды и источники энергии, а также устройства, оборудование, приборы и технологии для получения, преобразования и транспортирования соответствующих энергоносителей. К основным видам применяемых на ГОКах энергоносителей можно отнести электроэнергию, техническую воду, ГСМ, сжатый воздух и кислород. В целом расходы, связанные с энергоносителями, значительно влияют на величину себестоимости конечной продукции ГОКа. К примеру, по данным Ингулецкого ГОКа [2] только доля электроэнергии в себестоимости 1 тонны произведенного концентрата сейчас достигает 30%.

Информационный поток объединяет весь комплекс средств и методов обработки информации, внедренных в систему организационного управления предприятием, которые являются целостными технологическими системами и обеспечивают целенаправленное появление, передачу, хранение и отображения информационного продукта.

Необходимость исследования и автоматизации информационных процессов в производственных условиях установлена уже достаточно давно [3]. В [1] отмечается, что мировая экономика уже дважды (в 50-х и 70-х гг. XXв.) сталкивалась с явлением так называемого информационного барьера, когда объем объективно необходимых задач управления в экономике превзошел способности человека по запоминанию и переработке информации. Это означало невозможность решать все информационные задачи управления за счет ресурсов одного человека.

Изначально (в 50-х гг.) этот барьер пытались преодолеть экстенсивным путем, относящимся к области организации. Он заключался в распараллеливании решения задач управления и использования вместо одного руководителя иерархических систем управления.

Однако в 60-70-х гг. стало ясно, что такими системами и методами управления невозможно обеспечить необходимое качество управления. Тогда для решения задач интенсификации переработки информации стали широко привлекаться электронно-вычислительные машины (ЭВМ), что позволило резко увеличить производительность труда в области преобразования, передачи и хранения информации. А организационно-правовой формой использования ЭВМ в области автоматизации информационных систем сложных экономических объектов стали автоматизированные системы управления (АСУ) [1, 3].

На сегодняшний день в промышленно развитых странах вопросам информатизации производства уделяется значительное внимание. Например, в США более 60% средств, расходуемых на автоматизацию производства, составляют затраты на создание гибких АСУ, основанных на широком внедрении систем машинного проектирования автоматической подготовки производства и контроля качества [4].

Проведенные авторами в данной работе исследования позволяют говорить, что, не смотря на свою давнюю историю, проблема информационного барьера достаточно актуальна для предприятий горной отрасли промышленности Украины на современном этапе.

Анализ прохождения информационных потоков на ГОКах Кривбасса [5] показал, что в настоящее время обработка технологической, технической и др. информации здесь производится большей частью человеком. Дискретизация прохождения информации во времени, как правило, не ниже одной смены. Количественный анализ внешних и внутренних информационных потоков на ряде независимых технологических подразделений Ингулецкого ГОКа приведен в [5]. В таблице (таб.1) сведены результаты этих исследований по подразделению рудника. В таблице (таб.2) помещены аналогичные данные по рудообогатительной (РОФ-1) и дробильной фабрике (ДФ) ИнГОКа. Кроме указанного, для РОФ-1 и ДФ дополнительно определялись статистические временные показатели документооборота (таб.2). Сводные данные, характеризующие обмен информацией между основными

технологическими подразделениями ИнГОКа, показаны в таблице (таб.3). Исследования проводились в период с февраля по октябрь 1999г.

Таб.1 Объемы обрабатываемой и передаваемой информации в разрезе отделов рудника ИнГОКа

№ п/п	Отделы подразделения комбината	Количество фиксируемых показателей					
		Всего		Из них подлежат обмену			
		x10 ⁶ показателей/год	% от общего кол-ва	Для подразделения (внутренние)		По комбинату (внешние)	
				x10 ⁶ показателей/год	% от общего кол-ва	x10 ⁶ показателей/год	% от общего кол-ва
1.	Рудник						
1.1	Геологический	3	3,4%	0,88		1,9	2,1%*
1.2	Технический	6,74	7,6%	0,3		0,02	
1.3	Труда и ЗП	12	13,6%	6	6,8%*	2,8	3,2%*
1.4	Гл. энергетика	2,25	2,5%	0,4		0,3	
1.5	Гл. механика	2,47	2,8%	0,09		0,08	
1.6	Бухгалтерия	3	3,4%	0,72		1,7	
1.7	Табельная	6,9	7,8%	3,4		1,6	
1.8	Руководство рудника	4,1	4,6%	3,2		0,84	
1.9	ОТК	5	5,7%	3,2		1,5	
1.10	Производственный	8	9%	6,5	7,3%*	6	6,8%*
1.11	Планово-экономический	15	17%	12	13,6%*	1,1	
1.12	Маркшейдерский	20	22,6%	0,64		0,43	
	ИТОГО:	88,46	100%	37,33	42%	18,27	20%

Таб.2 Объемы обрабатываемой и передаваемой информации в разрезе отделов подразделений РОФ-1 и ДФ ИнГОКа

№ п/п	Отделы подразделения комбината	Количество фиксируемых показателей					Среднее время обработ. докум. , (час/док.) чел.
		ВСЕГО по отделу x10 ⁶ показателей/год	Из них подлежат обмену				
			Для подразделения (внутренние)		По комбинату (внешние)		
			x10 ⁶ показателей/год	% от общего кол-ва	x10 ⁶ показателей/год	% от общего кол-ва	
2.	Рудообогатительная фабрика (РОФ-1)						
2.1	Планово-экономический	8,3	6,42	12,9%*	2,46	4,9%*	1,63
2.2	Труда и ЗП	9,96	9,46	19%*	2,76	5,6%*	5,35
2.3	Бухгалтерия	1,8	1,08		0,71		3,39
2.4	Технический	5,4	2,56		0,58		2,14
2.5	Табельная	5,52	2,72		1,28		2,72
2.6	Гл. энергетика	1,05	0,07		1,02		2,34
2.7	Руководство (нач., гл. инженер, гл. технолог)	6,15	1,29		0,28		-
2.8	Песковый завод	0,68	0,65		0,04		-
2.9	Диспетчер	9,7	8,52	17,1%*	6,42	12,9%*	0,33
2.10	Гл. механика	1,16	0,06		0,05		4,23
	ИТОГО:	49,72	32,83	66%	15,6	31,4%	-

№ п/п	Отделы подразделения комбината	Количество фиксируемых показателей					Среднее время обработ. докум. , (час/док.) чел.
		ВСЕГО по отделу x10 ⁶ показате- лей/год	Из них подлежат обмену				
			Для подразделения (внутренние)		По комбинату (внешние)		
			x10 ⁶ показате- лей/год	% от общего кол-ва	x10 ⁶ показате- лей/год	% от общего кол-ва	
3.	Дробильная фабрика (ДФ)						
3.1	Планово-экономический	4,2	3,6	11,8%*	3,3	10,8%*	1,54
3.2	Табельная	4,35	3,5	11,5%*	0,87		4,7
3.3	Гл. энергетика	1,42	0,28		0,17		3,16
3.4	Гл. механика	1,18	0,24		0,06		4,3
3.5	Бухгалтерия	1,9	1,52		1,14	3,7%*	3,82
3.6	Склады ДФ	6,6	5,3	17,4%*	0,8		0,2
3.7	Руководство (начальник, гл. инженер)	3,4	3,4		0,68		-
3.8	Диспетчера	7,4	7,4	24,3%*	5,12	16,8%*	0,17
	ИТОГО:	30,45	25,24	83%	12,14	40%	-

Примечание: (*) - данные предоставляются выборочно;
 (-) - данные не определялись

Таб.3 Объемы передаваемой информации между подразделениями ИнГОКа

№ п/п	Подразделения ГОКа	Количество передаваемых показателей	
		x10 ⁶ показате- лей /год	% от общего кол-ва
1.	Рудник		
1.1.	Информационно-вычислительный центр (ИВЦ)	11,56	63,3%
1.2.	Управление комбинатом	5,01	27,4%
1.3.	Склады РММ	0,82	4,5%
1.4.	Цех технологического автотранспорта (ЦТА)	0,18	1,0%
1.5.	Железнодорожный цех (ЖДЦ)	0,04	0,2%
1.6.	Другие подразделения комбината	0,66	3,6%
	ИТОГО по руднику:	18,27	100%
2.	РОФ-1		
2.1.	ИВЦ	11,69	74,93%
2.2.	Управление	3,47	22,25%
2.3.	Рудник	0,0764	0,49%
2.4.	ДФ	0,03	0,19%
2.5.	ЦТА	0,025	0,16%
2.6.	ЖДЦ	0,0156	0,1%
2.7.	Другие подразделения комбината	0,293	1,88%
	ИТОГО по РОФ-1:	15,6	100%
3.	ДФ		
3.1.	ИВЦ	7,9	65,1%
3.2.	Управление комбинатом	3,8	31,3%
3.3.	РОФ-1, РОФ-2	0,07	0,58%
3.5.	ОТК	0,042	0,36%
3.4.	Рудник	0,033	0,27%
3.5.	Другие подразделения комбината	0,29	2,39%
	ИТОГО по ДФ:	12,14	100%

На основании приведенных данных можно построить аналитическую модель информационных потоков для основных технологических подразделений Ингулецкого ГОКа.

Как видно из данных таб.1 в течение года специалистами подразделения рудника ИнГОКа обрабатывается объем информации эквивалентный 88,46 млн. обобщенных показателей. В качестве обобщенных показателей брались: цифра (например, в отчете) или слово (в тексте). При этом среднестатистическое количество символов (знакомест) в цифровом показателе считалось равным 6 знакам и средняя длина символьного показателя (слова) - 5,5 знаков[1].

Количество информации, которое несет один обобщенный показатель с рядом допущений можно оценить при помощи формулы Р.Харли[10] для независимых равновероятных сообщений

$$I = k \log_2 m_1, (1)$$

где k - количество принятых символов в сообщении;

m_1 - число качественных признаков (символов) первичного алфавита.

Для оценки нижней границы количества информации в одном обобщенном показателе, в качестве величины k принимаем среднестатистическое количество знакомест для символьного показателя, как наименьшее значение из двух возможных. Т.е. $k = 5,5$ символов.

Для кодирования всех показателей используется первичный алфавит длиной не менее 64 символов. Т.е. $m_1 = 64$ символа.

Тогда, согласно зависимости (1), количество информации в одном обобщенном показателе составит

$$I = 5,5 \log_2 64 = 33 \text{ бита.}$$

А общий объем информации обрабатываемой специалистами рудника из расчета $Q_\Gamma = 2919,18$ млн. обобщенных показателей в год (таб.1) составит

$$H_\Gamma = I \cdot Q_\Gamma = 33 \cdot 88,46 = 2919,18 \text{ млн. бит/год} \approx 2,92 \cdot 10^9 \text{ бит /год.}$$

Произведем расчет численности управляющего персонала служащих K_{nc}^{\min} , минимально необходимой для нормальной обработки годового объема информации Q_Γ . Учитывая тот факт, что при ежедневной восьмичасовой работе без выходных и отпусков рабочее время составит примерно $t_{p.з.} = 10^7$ с, значение K_{nc}^{\min} можно определить, используя следующую зависимость

$$K_{nc}^{\min} = \frac{H_\Gamma}{I_0 \cdot t_{p.з.}}, (2)$$

где I_0 - величина порога восприятия информации человеком.

Как показано в [1], для опытного работника, специалиста в своей области $I_0 = 2 - 3$ бит/с. Хотя в каждом индивидуальном случае эта величина подвержена резким колебаниям и зависит не только от интеллекта и квалификации, но и от формы представления информации, а также от таких факторов как заинтересованность, сложность, усталость, состояния здоровья и т.д. Для дальнейших расчетов примем максимальное значение $I_0 = 3$ бит/с.

Тогда, на основании зависимости (2), получаем

$$K_{nc}^{\min} = \frac{2,92 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^7} \approx 97 \text{ чел.}$$

Таким образом, для обработки полученного объема информации штат служащих 12-ти ведущих отделов подразделения рудника ИнГОКа (таб.1) должен содержать не менее 97 специалистов достаточно высокой квалификации. Реально в данных отделах на момент сбора статистики количество работающих специалистов не превышало 60.

В этом случае коэффициент оперативной перегрузки составит:

$$K_n = \frac{K_{nc}^{\min}}{K_{nc}^{\text{факт.}}} = \frac{97}{60} \approx 1,62,$$

где $K_{nc}^{\text{факт.}}$ - фактическая численность персонала служащих в анализируемых отделах подразделения.

Удельная фактическая информационная нагрузка на специалиста за смену в среднем составит:

$$\bar{Q}_1^{\text{см.}} = \frac{Q_\Gamma}{K_{nc}^{\text{факт.}} \cdot \bar{K}_\Gamma^{\text{см.}}} = \frac{88,46 \cdot 10^6}{60 \cdot 300} \approx 4914 \text{ показателей,}$$

где $\bar{K}_\Gamma^{\text{см.}}$ - среднее число смен, отрабатываемых специалистом анализируемого подразделения ГОКа за год. Для АБК рудника, РОФ-1, ДФ можно принять $\bar{K}_\Gamma^{\text{см.}} \approx 300$ смен/год на 1-го специалиста.

Аналогичные расчеты, выполненные на основании данных таб.2 для других подразделений комбината (РОФ-1, ДФ), дают следующие результаты.

Для РОФ-1:

$$H_\Gamma = I \cdot Q_\Gamma = 33 \cdot 49,72 = 1640,76 \text{ млн. бит/год} \approx 1,64 \cdot 10^9 \text{ бит /год;}$$

$$K_{nc}^{\min} = \frac{H_\Gamma}{I_0 \cdot t_{p.z.}} = \frac{1,64 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^7} \approx 55;$$

$$K_n = \frac{K_{nc}^{\min}}{K_{nc}^{\text{факт.}}} = \frac{55}{25} = 2,2;$$

$$\bar{Q}_1^{см.} = \frac{Q_{\Gamma}}{K_{nc}^{факт.} \cdot \bar{K}_{\Gamma}^{см.}} = \frac{49,72 \cdot 10^6}{25 \cdot 300} \approx 6629.$$

Для ДФ:

$$H_{\Gamma} = I \cdot Q_{\Gamma} = 33 \cdot 30,45 = 1004,85 \text{ млн. бит/год} \approx 1,004 \cdot 10^9 \text{ бит /год};$$

$$K_{nc}^{\min} = \frac{H_{\Gamma}}{I_0 \cdot t_{p.z.}} = \frac{1,004 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^7} \approx 33;$$

$$K_n = \frac{K_{nc}^{\min}}{K_{nc}^{факт.}} = \frac{33}{21} = 1,57;$$

$$\bar{Q}_1^{см.} = \frac{Q_{\Gamma}}{K_{nc}^{факт.} \cdot \bar{K}_{\Gamma}^{см.}} = \frac{30,45 \cdot 10^6}{25 \cdot 300} \approx 4833.$$

На основании данных таб.1, таб.2 и приведенных выше расчетов получаем аналитическую модель информационных потоков для АБК рудника, РОФ-1 и ДФ ИнГОКа (таб.4). Следует отметить, что недостатком данной модели является то, что в ней не учитывается избыточность информации.

Таб.4 Аналитические показатели информационных потоков и документооборота основных технологических подразделений ИнГОКа

№ п/п	Подразделение ГОКа	ОБЪЕМ ИНФОРМАЦИИ, Показателей/год, $\times 10^6$		Ср. время обработки документов, (час/док.) чел.	Удельная информац. нагрузка за смену, (показ./чел.)	Кэф. оператив. перегруз.
		Всего Фиксируемых	Подлежащих обмену			
1.	Рудник	88,46	18,27	-	4914	1,62
2	РОФ-1	49,72	15,6	2,77	6629	2,2
3	ДФ	30,45	12,14	2,56	4833	1,57
ИТОГО по ГОКу:		168,63	46,01	-	-	-
В среднем по ГОКу :		56,21	15,34	2,665	5458,7	1,8

Примечание: (-) - данные не определялись

Таким образом, результаты проведенных выше расчетов показывают, что объем информации, обрабатываемый ведущими специалистами подразделений АБК рудника, РОФ-1 и ДФ ИнГОКа, превышает допустимое пороговое значение соответственно в 1,62; 2,2 и 1,57 раза. Это говорит о том, что ведущие специалисты указанных подразделений постоянно работают в режиме информационной перегрузки. Поэтому можно говорить о наличии информационного барьера на всех основных технологических подразделениях Ингулецкого ГОКа.

Так как оргструктура, технология и методы обработки информации ИнГОКа во многом идентичны положению на других ГОКах

Кривбасса (ЮГОК, НКГОК, СевГОК, ЦГОК), то можно сделать предположение о наличии информационного барьера и на этих комбинатах.

В анализируемых отделах и подразделениях ИнГОКа (таб.1-2, таб.4) работают в основном ведущие специалисты, которые непосредственно задействованы в управлении производством. Как показано в [1], работая в режиме информационной перегрузки, оператор начинает "терять" информацию, что приводит к резкому возрастанию вероятности принятия неправильного решения. Таким образом, эффективность управления производством при наличии информационного барьера значительно снижается.

Как уже отмечалось выше, для преодоления данного барьера мировая практика указывает на два основных пути.

Первый путь - экстенсивный, заключающийся в увеличении числа управленцев и внесении соответствующих изменений в структуре управления комбинатом. Как показывает мировая практика [1], данный путь наименее эффективен ввиду того, что позволяет снять проблему лишь на короткий промежуток времени (до 3-5 лет). Кроме того, в условиях ГОКов так же, как и на большинстве крупных промышленных предприятий, отмечается четкая тенденция на ежегодное увеличение объема обрабатываемой информации. Этому способствуют: изменения экономической ситуации, особенности технологии обогатительного производства, административные перестановки, требования производственной необходимости и ряд других факторов. Поэтому, со временем, проблема информационного барьера неизбежно возникнет вновь.

Второй путь - комплексная автоматизация деятельности подразделения на базе построения систем АСУ и широкого внедрения современных информационных технологий в производство. Опыт промышленно развитых стран [4] показывает, что это наиболее прогрессивный подход. Предпосылки, изложенные в [1, 3], говорят о возможных теоретических перспективах, которые возникают за счет внедрения АСУ, АСУТП, микропроцессорной техники и информационных технологий в производство. Это улучшение экономических показателей функционирования предприятий, увеличение производительности труда по переработке информации в 30 раз и значительный экономический эффект.

Итак, на основании данной статьи можно сделать следующие выводы:

- 1) в настоящее время обработка информации на ГОКе производится большей частью человеком. И хотя дискретизация прохождения информации во времени невелика (как правило, не ниже одной смены), объемы обрабатываемой информации довольно значительны (в среднем на специалиста - около 5,5 тыс. анализируемых показателей в смену);

- 2) факт превышения объема информации, обрабатываемого подразделениями ИнГОКа (рудник, РОФ, ДФ), пороговых значений восприятия информации специалистом, позволяет утверждать о наличии информационного барьера в масштабах этого комбината;
- 3) схожесть в структуре управления, технологии и методах обработки информации позволяют сделать предположение о наличии информационного барьера на других ГОКах Кривбасса;
- 4) в силу того, что наиболее эффективным путем преодоления фактора информационного барьера является – комплексное внедрение в производство АСУ, основанных на современных информационных технологиях, проблемы разработки таких систем приобретают высокую актуальность;
- 5) приведенная модель информационных потоков ИнГОКа может применяться для обоснования создания в условиях горной промышленности АСУ, АСУП, АСУТП, информационных систем и сетей, экспертных систем, систем автоматизированного контроля над технологическими процессами и других перспективных проектов, основанных на применении современных информационных технологий и компьютерной техники.

Решение перечисленных проблем на основе современных подходов позволит ликвидировать информационный барьер в оргструктуре управления горнообогатительных комбинатов Кривбасса. Это даст возможность повысить эффективность управления, что позволит приблизить уровень производства к мировым стандартам.

Список литературы

1. Лавинский Г.В., Шарапов А.Д. Теоретические основы автоматизации управления в экономических системах.- К.: Выща шк., 1988.- 178с.
2. Назаренко В.М., Елисеев А.К., Назаренко М.В., Купин А.И. Некоторые аспекты формирования корпоративных информационных сетей в условиях горно-обогатительного производства // Академический вестник Криворожского территориального отделения Международной Академии компьютерных наук и систем, 1998.- №1.- с.18-23.
3. Глушков В.М. Введение в АСУ.- К.: Техника, 1974.- 310с.
4. Ковалев А.П., Кантор В.И., Можаяев А.Б. Экономическое обеспечение надежности машин.- М.: Машиностроение, 1991.-240с.
5. Назаренко В.М., Назаренко М.В., Купин А.И. Влияние информационных и компьютерных технологий на качество и себестоимость железорудного сырья на примере Ингулецкого и Южных ГОКов // Сборник научных трудов 2-го международного симпозиума «Оперативный контроль и управление качеством минерального сырья при добыче и переработке».- Ялта, 1999г., с.110-117.

