

УДК 622.457:621.311.4

Основные направления энергосберегающего проветривания шахт

Рассмотрены и определены основные направления и варианты обеспечения энергосберегающего проветривания шахт. Изложены результаты расчетов воздухо-распределения по сети горных выработок при переводе проветривания шахт на один вентилятор или при замене двигателя на менее мощный, с меньшей частотой вращения. По каждому варианту приведены энергозатраты на проветривание шахты.

Ключевые слова: вентилятор главного проветривания, аэродинамическое сопротивление, энергосберегающее проветривание.

Контактная информация: ozerkin.um@mail.ru

Постановка проблемы. В настоящее время особую остроту приобретает проблема энергосберегающего проветривания шахт Украины, поскольку вентиляция – один из основных энергоемких технологических процессов.

Вопросы обеспечения воздухом очистных забоев при планируемых нагрузках весьма актуальны в связи со старением шахтного фонда, увеличением глубины горных работ, газообильностью, а главное – вследствие отставания и, во многих случаях, остановки работ по реконструкции или совершенствованию вентиляции из-за отсутствия оборудования и средств.

Конкретные задачи определены мерами по сокращению потребления электроэнергии на проветривание. Для решения поставленной задачи рассмотрены варианты энергосбережения при переводе проветривания шахты на один вентилятор или замене двигателя вентилятора главного проветривания (ВГП) на менее мощный, с меньшей частотой вращения. Учитывались фактическое состояние развития горных работ, схемы проветривания потребителей воздуха и энергозатраты на вентиляцию, а также необходимость их уменьшения с учетом оптимизации потребления мощности вентиляторами главного проветривания.

Шахтная вентиляционная сеть – сложная технологическая система, параметры которой практически постоянно меняются из-за ввода новых лав и подготовительных забоев, погашения горных выработок, движения транспортных средств, открывания дверей шлюзов при проходе через них людей и транспорта, изменения аэродинамического сопротивления очистных забоев в процессе выемки угля и т. п. Поэтому при разработке математической модели аэродинамические параметры сети усредняются за относительно стабильный период, т. е. когда режимы работы вентиляторов главного проветривания сохраняются постоянными, работают одни и те же очистные забои. Однако в целом при разработке расчетной схемы вентиляции шахты не были выполнены какие-либо существенные упрощения, связанные с потерей точности отражения состояния сети.

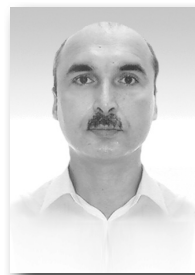
Топологический анализ вентиляционной сети показывает, что схема проветривания шахты – это диагональное соединение гор-



С. В. БАЛОВ,
инж.



Н. Н. ГАТАУЛЛИН,
инж.



Ю. М. ОЗЕРКИН,
инж.

ных выработок с достаточно высокой устойчивостью проветривания очистных забоев. Основные неустойчивые элементы сети располагаются между свежими струями (сбойки между наклонными выработками) и, как свидетельствуют ранее выполненные исследования [1], не представляют опасности при изменении направления движения воздуха.

Аэродинамическую характеристику вентилятора главного проветривания при изменении частоты вращения электродвигателя с n_1 до n_2 и прежнем

угле установки лопаток направляющего аппарата определяли путем пересчета ее по известным зависимостям:

$$Q_2 = Q_1 (n_2/n_1)^2; h_2 = h_1 (n_2/n_1); n_2 = n_1.$$

В процессе исследования было установлено, что энергозатраты на проветривание двух рассматриваемых в статье шахт велики. При анализе принимались во внимание фактическое состояние проветривания, режим работы вентиляторов главного проветривания, количество проветриваемых объектов, а также энергозатратность систем вентиляции.

На *первой* шахте вентилятор ВЦ-32 предусмотрен для проветривания объектов в околоствольном дворе скипового ствола: склада взрывчатых материалов (ВМ), электровозных гаражей (камер) с малым количеством заряжаемых батарей и лебедочных камер. Мощность вентилятора не позволяла использовать его для проветривания выемочных участков. Значительная часть воздуха поступала на проветривание поддерживаемых выработок в связи с относительно сложной и старой сетью горных выработок.

Исследованиями установлено, что работа достаточно мощного вентилятора ВЦ-32 для проветривания склада ВМ (расчетный расход воздуха 25 м³/мин), других отдельных камер (от 50 до 138 м³/мин) экономически не рациональна. Кроме того, вентилятор расположен на скиповом стволе, поэтому подсосы воздуха с поверхности достигали 3634 м³/мин, или 53,6 % его подачи, значительны и утечки воздуха в сети через подземные вентиляционные сооружения и погашаемые выработки.

В целом для системы вентиляции первой шахты характерны такие недостатки: сложившееся развитие горных работ и расположение скипового ствола не позволяли использовать вентилятор ВЦ-32 для проветривания очистных и подготовительных участков; большая энергозатратность системы проветривания, а также удельная подача воздуха на 1 т добытого угля; значительные потери воздуха в системе вентилятора через поверхностные и подземные вентиляционные сооружения.

Аэродинамические сопротивления подземных вентиляционных сооружений имеют весьма широкий диапазон: от 1 до 300 киломюрга*. Наряду с вентиляционными сооружениями с аэродинамическими сопротивлениями в диапазоне от 10 до 25 киломюрга, что соответствует требо-

ваниям Правил [2], существует большая группа сооружений с аэродинамическими сопротивлениями 0,4–2,5 киломюрга и утечками воздуха через них до 1000 м³/мин и более.

При погашении отдельных выработок их аэродинамическое сопротивление в математической модели увеличивалось в зависимости от времени погашения от 25 (вновь погашенная выработка) до 75 киломюрга (давно погашенная выработка). Такие аэродинамические сопротивления можно получить в результате применения пленочных антистатических материалов.

На *второй* шахте из общей суммарной подачи вентиляторов главного проветривания на внешние подсосы воздуха приходилось 44,8 %, или 8561 м³/мин [3]. Особенно большие внешние потери воздуха (6095 м³/мин, или 51,8 %) отмечены на вентиляторе ВЦ-45. Это свидетельствует о значительном расходе электроэнергии за год на проветривание шахты – 14 млн кВт·ч, в том числе только этим вентилятором – 10,65 млн кВт·ч. Основная причина таких энергозатрат – «крутая» аэродинамическая характеристика вентиляционной сети. Так, сопротивление ходка № 13 составляет 1,2 киломюрга, что равносильно сопротивлению почти отдельным глухим перемычкам в шахте. Большие сопротивления в восточном коренном откаточном штреке горизонта 690 м – 110 мюрга при длине 295 м, ходке № 40 пласта h₈ – 449 мюрга при длине 650 м, групповом вентиляционном штреке пласта h₈ и др.

Значительные внутришахтные утечки воздуха наблюдались через вентиляционные сооружения из-за недостаточной герметичности шлюзовых устройств. Например, сопротивление шлюзового устройства на заезде с западного полевого штрека № 9-бис на западный откаточный штрек № 9 составляет лишь 142 мюрга при нормируемом 4,6–12,5 киломюрга.

Для системы вентиляции второй шахты характерны такие недостатки: большая энергозатратность проветривания; значительные потери воздуха через поверхностные и подземные вентиляционные сооружения; большие аэродинамические сопротивления отдельных выработок и сети в целом. Кроме того, большая доля подаваемого в шахту воздуха используется на проветривание поддерживаемых и погашаемых выработок.

Из топологического анализа вентиляционной сети следует, что схема проветривания – сложное диагональное соединение горных выработок с достаточно высокой устойчивостью проветривания очистных забоев № 28, № 4 с центрального

*1 киломюрга = 9,81 Н·с²/м⁸.

пункта управления, 1-й западной коренной лавы пласта h_4 . Менее устойчива струя воздуха, поступающая для проветривания 1-й лавы пласта h_8 горизонта 575 м.

Аэродинамические сопротивления подземных вентиляционных сооружений имеют диапазон от 0,14 до 142 киломюрг. Наряду с вентиляционными сооружениями с аэродинамическими сопротивлениями в диапазоне от 10 до 25 киломюрг, что соответствует требованиям нормативных документов [2, 4], существует большая группа сооружений с аэродинамическими сопротивлениями 0,4–2,5 киломюрга и утечками воздуха через них до 400 м³/мин и более. У поверхностных вентиляционных сооружений, определяющих подсосы воздуха с поверхности, низкое аэродинамическое сопротивление, что не отвечает требованиям нормативных документов [2, 4].

На основании изложенного разработаны **основные направления совершенствования системы вентиляции первой шахты:**

- остановка вентилятора ВЦ-32 на скиповом стволе с переводом проветриваемых объектов в сеть вентилятора ВЦД-31,5;
- снижение частоты вращения ротора вентилятора ВЦ-32 на скиповом стволе;
- замена вентилятора ВЦ-32 на маломощный (типа проходческого) и проветривание с его помощью только объектов околоствольного двора (склад ВМ, электровозный гараж в северном квершлагге).

Для оценки реальной возможности повышения эффективности проветривания основных потребителей воздуха и снижения энергозатрат были рассмотрены восемь вариантов проветривания первой шахты с последующим расчетом на ЭВМ. Принятые в табл. 1 аэродинамические сопротивления вентиляционных сооружений и регуляторов расхода воздуха реально достижимы и практически соответствуют сопротивлениям в шахте.

Основные направления совершенствования системы вентиляции второй шахты:

- остановка вентилятора ВЦ-45 на стволе № 23 с переводом проветриваемых им объектов в сеть вентилятора ВВД-30;
- снижение скорости вращения ротора вентилятора ВЦ-45 на стволе № 23.

Для оценки возможности повышения эффективности проветривания основных потребителей воздуха и снижения энергозатрат рассмотрены 11 вариантов проветривания шахты с последующим расчетом на ЭВМ (табл. 2). Принятые

аэродинамические сопротивления вентиляционных сооружений и регуляторов расхода воздуха реально достижимы и практически соответствуют имеющимся в шахте.

Анализ состояния системы проветривания **первой шахты**, режимов работы вентиляторов главного проветривания и расчеты воздухораспределения по сети горных выработок показал:

система вентиляции шахты нерациональна и весьма затратна;

вентилятор ВЦ-32, установленный на скиповом стволе, работает неэффективно на «заторможенную» сеть (т. е. на всех объектах, проветриваемых вентилятором ВЦ-32, установлены регуляторы расхода воздуха) и не используется для проветривания очистных и подготовительных забоев;

потери воздуха через подземные и поверхностные вентиляционные сооружения значительно превышают нормируемые, особенно через поверхностные сооружения вентилятора ВЦ-32, составляющие 3634 м³/мин, или 53,6 % подачи;

удельная подача вентиляторов главного проветривания колеблется от 32,2 до 62,8 т воздуха на 1 т добытого угля, что примерно в 3–7 раз выше, чем на передовых шахтах (8–12 т воздуха на 1 т угля);

низкий КПД использования воздуха для проветривания выемочных участков (14 % подаваемого в шахту);

вентиляторы главного проветривания потребляют в год около 12,4 млн кВт·ч электроэнергии, а удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на проветривание, превышает 1000 кВт·ч на 1 т добытого угля;

результаты расчетов воздухораспределения по вентиляционной сети позволяют выявить энергосберегающие режимы проветривания шахты;

наиболее перспективны такие направления по обеспечению энергосберегающего проветривания шахты: остановка вентилятора ВЦ-32 на скиповом стволе; снижение скорости вращения двигателя или замена его на менее мощный.

Реализация каждого из указанных способов дает возможность обеспечить потребителей расчетным количеством воздуха при условии регулирования воздухораспределения по сети горных выработок. Переход на новый режим проветривания шахты позволяет снизить расход электроэнергии до 0,8–3,1 млн кВт·ч в год.

Проанализировав состояние проветривания **второй шахты**, режимов работы вентиляторов главного проветривания и расчеты воздухораспределения по сети горных выработок, можно констатировать:

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Таблица 1

Объекты, показатели	Номер ветви	Номер узла		Единица измерения	Расчетный расход воздуха	Значения параметров для первой шахты в вариантах									
		начальный	конечный			0	1	2	3	4	5	6	7	8	
															Вентиляторы главного проветривания
Вентиляторы главного проветривания															
ВЦД-31.5:	267	213	1	даПа	-	477	456	456	474	485	484	484	484	482	457
депрессия	-	-	-	м ³ /мин	-	10787	11726	11755	10926	10395	10427	10443	10559	11709	-
подача	264	1	167	м ³ /мин	-	583	567	566	581	589	588	588	586	567	-
подсосы воздуха	265	1	213	м ³ /мин	-	1465	1433	1432	1460	1477	1476	1476	1472	1434	-
ВЦ-32:	268	214	1	даПа	-	213	-	-	142	118	105	99	-	-	-
депрессия	-	-	-	м ³ /мин	-	6776	-	-	5150	4447	4037	3858	-	-	-
подача	-	-	-	мин ⁻¹	-	600	-	-	600	500	375	300	-	-	-
частота вращения	262	1	21	м ³ /мин	-	1393	-	-	1146	1055	994	971	522	-	-
подсосы воздуха	263	1	214	м ³ /мин	-	2241	-	-	1827	1670	1568	1529	85	-	-
ВМ-11:	283	251	1	даПа	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-
депрессия	-	-	-	м ³ /мин	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1107	-
подача	-	-	-												
Выемочные участки															
17-я вост. лава пласта K _B	273	223	158	м ³ /мин	782	827	835	815	841	874	878	880	880	893	-
17-я зап. лава пласта K _B	276	224	163	м ³ /мин	780	856	865	844	870	904	908	910	925	822	-
18-я зап. лава пласта K _B	306	305	306	м ³ /мин	780	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Камеры															
Склад ВМ	22	27	23	м ³ /мин	25	81	60	39	65	63	59	58	42	160	-
Электровозный гараж:	20	38	23	м ³ /мин	52	238	124	73	192	182	171	167	64	124	-
на 7-м зап. откаточном штреке	54	61	62	м ³ /мин	138	251	142	179	202	188	177	174	146	144	-
на 10-м зап. откаточном штреке	166	79	77	м ³ /мин	123	217	283	199	151	182	180	156	168	283	-
на 14-м зап. откаточном штреке	212	123	126	м ³ /мин	104	298	155	457	412	504	537	551	647	151	-
Поступает в шахту															
Клетевой ствол	1	1	31	м ³ /мин	-	6228	4372	4195	5735	5041	4919	4864	4279	4364	-
Воздухоподводящая скважина	146	1	85	м ³ /мин	-	4680	3696	4160	4403	4179	4105	4069	3774	3688	-
Скважина № 20	101	1	164	м ³ /мин	-	667	503	520	622	565	553	547	494	503	-
Скважина лесоспускная	9	1	28	м ³ /мин	-	328	231	222	302	267	260	258	226	231	-
Скиповой ствол	48	22	21	м ³ /мин	-	-	924	659	-	-	-	-	-	922	-
Выдается из шахты															
Ствол:	266	170	167	м ³ /мин	-	8740	9726	9756	8886	8329	8363	8379	8500	9708	-
вентиляционный	48	22	21	м ³ /мин	-	3143	-	-	2176	1723	1474	1359	273	-	-
скиповой (верх)	47	42	22	м ³ /мин	-	1035	154	279	842	404	381	372	197	154	-
скиповой (низ)	-	-	-												
Энергозатраты на проветривание															
Потребляемая мощность:	-	-	-	кВт	-	1026	1066	1094	1058	1029	1032	1032	1038	1070	-
ВЦД-31,5	-	-	-	кВт	-	394	-	-	271	191	144	123	-	-	-
ВЦ-32	-	-	-	кВт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
ВМ-11	-	-	-	кВт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Годовые энергозатраты, млн кВт·ч	-	-	-			12,4	9,3	9,6	11,6	10,7	10,3	10,1	9,4	9,4	-
Экономия электроэнергии, млн кВт·ч	-	-	-			0	3,1	2,8	0,8	1,7	2,1	2,3	3,0	3,0	-

Таблица 2

Объекты, показатели	Но- мер ветви	Номер узла		Единица измере- ния	Расчетный расход воздуха	Значения параметров для второй шахты в вариантах														
		начальный	конечный			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
Вентиляторы главного проветривания																				
ВОД-30: депрессия	234	171	1	даПа	-	240	251	420	420	418	420	420	418	420	420	418	244	236	236	234
подача	-	-	-	м ³ /мин	-	7346	7223	10661	10652	10784	10677	10673	10778	10673	10778	10778	7303	7393	7392	7416
подсосы	149	1	168	м ³ /мин	-	1494	1561	1841	1843	1814	1838	1839	1815	1838	1839	1815	1518	1468	1468	1454
подсосы	151	1	171	м ³ /мин	-	971	991	1284	1284	1281	1283	1283	1281	1283	1283	1281	978	963	963	959
ВЦ-45: депрессия	233	170	1	даПа	-	405	428	-	-	-	-	-	-	-	-	292	165	165	165	
подача	-	-	-	м ³ /мин	-	11763	11503	-	-	-	-	-	-	-	-	9378	6795	6797	6845	
частота вращения	-	-	-	мин ⁻¹	-	500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	500	300	300	300	
подсосы	61	1	169	м ³ /мин	-	4622	4869	-	-	-	-	-	-	-	-	4045	3084	3084	3046	
подсосы	63	1	170	м ³ /мин	-	1474	1515	-	-	-	-	-	-	-	-	1251	940	940	933	
Поступает в шахту																				
Ствол № 21	1	1	21	м ³ /мин	-	7513	9058	4375	4373	4454	4304	4393	4481	4393	4481	8241	7195	7197	7325	
Скважина УКБ-2	67	1	109	м ³ /мин	-	1070	205	138	138	144	149	142	145	142	145	173	134	134	133	
Ствол № 29	231	1	50	м ³ /мин	-	1712	462	1158	1158	1161	1106	1116	1119	1116	1119	415	354	354	359	
Вент. скважина № 49	232	1	49	м ³ /мин	-	253	66	175	175	175	168	169	170	169	170	59	50	50	51	
Ствол № 23	60	169	120	м ³ /мин	-	-	-	1691	1682	1757	1829	1732	1768	-	-	-	-	-	-	
Выдается из шахты																				
Ствол: № 22	148	66	168	м ³ /мин	-	4881	4671	7537	7526	7689	7556	7552	7682	7552	7682	4807	4962	4962	5003	
№ 23	60	120	169	м ³ /мин	-	5668	5119	-	-	-	-	-	-	-	-	4081	2771	2773	2866	
Выемочные участки																				
Лава пласта h ₈ :																				
2-я восточная	121	92	85	м ³ /мин	293	319	320	302	303	295	446	-	-	-	-	313	301	301	-	
1-я	175	84	85	м ³ /мин	271	277	279	368	368	361	357	373	365	373	285	274	274	311	311	
43-я	181	80	79	м ³ /мин	201	397	379	316	316	308	316	317	310	317	410	447	445	406	406	
1-я западная гор. 377 м	201	74	75	м ³ /мин	288	304	279	288	289	289	293	294	288	293	294	295	323	323	306	
28-я	131	98	99	м ³ /мин	247	292	335	106	107	98	262	271	265	271	377	305	305	268		
91-я	274	250	252	м ³ /мин	271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	391		
Лава пласта h ₄ :																				
1-я западная коренная	241	31	29	м ³ /мин	422	458	419	532	533	515	533	531	485	531	459	501	502	476		
2-я восточная	262	221	222	м ³ /мин	422	-	-	-	-	-	-	-	490	-	-	-	-	446		
Лава пласта h ₇ :																				
4-я ЦПУ	102	133	132	м ³ /мин	233	371	401	376	124	-	-	-	-	-	322	313	-	-		
5-я ЦПУ	252	204	134	м ³ /мин	233	-	-	-	514	1006	516	513	503	-	-	-	254	242		
Энергозатраты на проветривание																				
Потребляемая мощность:																				
ВОД-30	-	-	-	кВт	-	384	390	963	962	969	964	964	968	964	388	380	380	378		
ВЦ-45	-	-	-	кВт	-	1216	1238	-	-	-	-	-	-	-	895	269	269	268		
Годовые энергозатраты, млн кВт·ч						14,0	14,3	8,4	8,4	8,5	8,4	8,4	8,5	8,4	11,2	5,7	5,7	5,7		
Экономия электроэнергии, млн кВт·ч						0	-	0,3	5,6	5,5	5,6	5,6	5,5	5,6	2,8	8,3	8,3	8,3		

система вентиляции шахты весьма затратна главным образом вследствие большого аэродинамического сопротивления отдельных выработок и сети в целом, значительных потерь воздуха через поверхностные и подземные вентиляционные сооружения, несоответствия параметров вентилятора ВЦ-45 с частотой вращения 500 мин^{-1} проветриваемой сети;

высокая удельная подача воздуха в шахту (36,4 т воздуха на каждую 1 т добытого угля), что примерно в 3–4 раза выше, чем на передовых шахтах – 8–12 т воздуха на 1 т добычи (шахта имени А. Ф. Засядько, «Краснолиманская» и др.) и отрасли в целом;

низкий КПД использования воздуха для проветривания выемочных участков (22,9 % подаваемого в шахту);

вентиляторы главного проветривания потребляют в год около 14 млн кВт·ч электроэнергии, а удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на проветривание, составляет примерно 73 кВт·ч на 1 т добытого угля;

результаты расчетов воздухораспределения по вентиляционной сети дают возможность выявить энергосберегающие режимы проветривания шахты при остановке вентилятора ВЦ-45 на стволе № 23 или уменьшении частоты вращения рабочего колеса до 300 мин^{-1} .

Реализация каждого из указанных способов позволяет обеспечить потребителей расчетным количеством воздуха при условии выполнения технических мероприятий и регулирования воздухо-распределения в сети горных выработок:

- наиболее перспективным и эффективным направлением по обеспечению энергосберегающего проветривания шахты является снижение частоты вращения рабочего колеса вентилятора ВЦ-45 до 300 мин^{-1} . При этом достигается снижение энергозатрат примерно на 8,3 млн кВт·ч в год по сравнению с существующим режимом работы вентиляторов при полной обеспеченности всех потребителей расчетным количеством воздуха;

- экономия электроэнергии при остановке вентилятора ВЦ-45 и проветривании всех работ только вентилятором ВД-30 при существующих аэродинамических параметрах вентиляционной сети шахты примерно на 2,7 млн кВт·ч в год меньше, чем при работе вентилятора ВЦ-45 со скоростью вращения рабочего колеса 300 мин^{-1} ;

- улучшение проветривания 28-й лавы и будущих смежных с ней выемочных участков наиболее целесообразно осуществлять за счет снижения

аэродинамического сопротивления (перекрепления) группового вентиляционного штрека пласта h_8 ;

- погашение выработок шахты и вентиляционной скважины УКБ-2 почти не влияет на улучшение проветривания выемочных участков.

Следует учесть, что при остановке вентилятора ВЦ-45 вентилятор ВД-30 должен работать практически на максимальной аэродинамической характеристике без резервов по подаче и напору. Кроме того, весьма затруднительным будет проветривание 91-й лавы.

Выводы. Анализ энергопотребления при существующих схемах вентиляции показал необходимость разработки регламента энергосберегающего режима проветривания. Система вентиляции исследуемых шахт нерациональна и весьма затратна вследствие большого аэродинамического сопротивления как отдельных выработок, так и сети в целом, значительных потерь воздуха через поверхностные и подземные вентиляционные сооружения.

Удельная подача воздуха вентиляторами главного проветривания (на каждую тонну добытого угля) выше, чем на передовых шахтах и в отрасли, КПД использования воздуха для проветривания выемочных участков составляет от 14 до 22,9 % подаваемого в шахту.

Вентиляторы главного проветривания потребляют в год около 12,4–14 млн кВт·ч электроэнергии, а удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на проветривание, превышает 73–1000 кВт·ч на 1 т добытого угля.

Результаты расчетов воздухораспределения по сети горных выработок способствуют выявлению энергосберегающих режимов проветривания. Переход на новый режим проветривания исследуемых шахт позволит снизить расход электроэнергии до 0,8–3,1 млн кВт·ч в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Разработать* рекомендации по оптимизации вентиляционной системы шахты «Куйбышевская»: отчет о НИР (заключ.) / ДонУГИ; рук. Самойленко Е. Я. – Шифр темы 2220101001. – Донецк, 2001. – 77 с.
2. *Правила безопасности в угольных шахтах*: НПАОП 10.0-1.01-05. – К., 2010. – 430 с.
3. *Разработать* научно-технические решения по оптимизации проветривания шахты «Петровская»: отчет о НИР (заключ.) / ДонУГИ; рук. Самойленко Е. Я. – Шифр темы 2220100100. – Донецк, 2001. – 95 с.
4. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт*. – К.: Основа, 1994. – 312 с.