

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК  
ПРИ ПОЖАРАХ В НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТКАХ С ВОСХОДЯЩИМ  
ПРОВЕТРИВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ ОП «ШАХТА ИМ. М.И. КАЛИНИНА»  
ГП «ДУЭК»**

*В статье рассматриваются проблемы связанные с устойчивостью проветривания горных выработок при пожарах в наклонных выработках с восходящим проветриванием. Приводится способ решения данной проблемы с помощью компьютерной модели шахтной вентиляционной сети.*

Анализ аварийности угольных шахт показывает, что подземные пожары являются одним из наиболее распространенных видов аварий. Пожары в наклонных выработках характеризуются быстрым распространением пламени, и тушение их связано с гораздо большими трудностями, чем в других выработках.

Наиболее простым и эффективным способом повышением устойчивости проветривания сети при пожаре в выработке с восходящим движением воздуха является закрытие пожарной двери перед очагом пожара, что не только повышает устойчивость проветривания, но одновременно снижает интенсивность развития пожара. Поэтому в планах ликвидации аварий целесообразно предусматривать закрывание пожарной двери ниже очага пожара и в тех случаях, когда не требуется повышать устойчивость проветривания. Однако, если пожар возник в ветви без пожарной двери, закрывание пожарной двери (например, вверху или внизу уклона) может привести к нарушению (ухудшению) устойчивости проветривания других выработок [1].

Устойчивость вентиляционной струи в горных выработках при пожаре оценивается после введения в наклонную выработку источника тяги, моделирующего тепловую депрессию пожара. Нарушение устойчивости проветривания при пожаре возможно в тех выработках, где после введения тепловой депрессии останавливается или изменяется направление движения вентиляционной струи. Действие тепловой депрессии пожара в выработке с восходящим проветриванием совпадает по направлению с депрессией вентилятора главного проветривания. В результате, воздушный поток в других выработках (как правило в близлежащих в пожарной ветви) может изменить направление (опрокинуться). Опрокидывание вентиляционной струи приводит к расширению зоны загазирования, создает угрозу появления пожарных газов на маршрутах эвакуации людей, что может привести к большему количеству пострадавших [2]. Поэтому, места опрокидывания вентиляционного потока нужно знать заранее и предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивости проветривания этих выработок, а такой расчет возможен лишь при использовании специализированного программного комплекса.

Таким образом, актуальной задачей является разработка возможных мер по повышению устойчивости проветривания горных выработок при пожарах в наклонных выработках с восходящим проветриванием, разработанных на основе использования виртуальной модели шахтной вентиляционной сети шахты им. М.И. Калинина. Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ схемы вентиляции, распределения воздуха, разработать компьютерную модель шахты с помощью программы «IRS Вентиляция - ПЛА». После этого проводится оценка устойчивости проветривания при пожарах в наклонных выработках шахты, и разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости проветривания.

Шахта им. М.И. Калинина ГП "ДУЭК" расположена на территории Донецко-Макеевского района Донецкой области Украины и находится в Калининском районе г. Донецка. Размеры шахтного поля по простиранию – 7200 м, по падению – 1680 м. В настоящее время шахтой разрабатывается пласт  $h_{10}$ .

Шахтное поле вскрыто пятью вертикальными стволами: клетевыми № 1, № 2, № 3, скиповым и вентиляционным, а также капитальными квершлагами на горизонты 229 м, 758 м и 1070 м. Способ проветривания шахты – всасывающий. Схема проветривания – комбинированная. Проветривание шахты осуществляется двумя вентиляторными установками главного проветривания: ВЦД-47У на восточном вентиляционном стволе и ВЦ-5 на скиповом стволе. Свежий воздух в шахту поступает по клетевому стволу № 1,

клетевому стволу № 2 и клетевому стволу № 3. Исходящая струя воздуха по восточному вентиляционному стволу и скиповому стволу выдается на поверхность.

Технология решения задач рудничной вентиляции с применением программного комплекса "IRS Вентиляция - ПЛА", является определенной последовательностью действий, включающий этап подготовки исходной информации. На этом, начальном этапе, необходимо подготовить схему вентиляции шахты до ввода ее в компьютер. Особенностью такой подготовки является представление схемы вентиляции в виде определенной последовательности (сети) связанных, между собой, ветвей. Каждый узел сети связывает между собой две или более выработки (ветви) или части выработки. Как правило, кодирование схем вентиляции производится при подготовке шахты к депрессионной съемке. При подготовке схемы вентиляции шахты, для представления ее в электронном виде, недопустимо ее упрощения. Под упрощением подразумевается объединение нескольких узлов вентиляционной сети в один или представление на схеме вентиляции, последовательного соединения нескольких выработок одной ветвью. Необходимость такого детального представления схемы вентиляции в компьютере объясняется тем, что в последовательном соединении выработок могут участка с разными углами наклона и геометрическими параметрами, которые формируют различные условия развития пожара и передвижения людей. При упрощении схемы вентиляции возможны ошибки в построении зоны распространения пожарных газов и моделировании воздействия тепловых источников тяги. При помощи модели можно решать задачи вентиляции, когда расходы воздуха в основных объектах проветривания будут отличаться от фактических не более чем на 10 % [3].

Компьютерная модель шахты им. М.И. Калинина характеризуется следующими параметрами: количество узлов – 312, количество ветвей – 436.

Были проведены исследования устойчивости вентиляционных потоков в 46 выработках с восходящим проветриванием. При моделировании пожара в 24 случаях не происходит опрокидывание вентиляционной струи, а в 22 – опрокидывание вентиляционной струи, возможно.

При исследовании устойчивости проветривания при пожарах в наклонных выработках с восходящим проветриванием, не было выявлено нарушений устойчивости вентиляционной струи при пожарах в следующих выработках: вентиляционный ходок ЦУ пл.  $h_{10}$  (9), центральный уклон пласта  $h_8$  (11), вентиляционный ходок пл.  $h_7$  (12), ходок по коренной восточной лаве пл.  $h_8$  (22), ходок по коренной восточной лаве пл.  $h_8$  (27), ходок по коренной восточной лаве пл.  $h_8$  (46), ПКУ пл.  $h_7$  (106), вентиляционный ходок восточной разгрузочной лавы ВПУ пл.  $h_{10}$  (131), ходок по 2-й восточной лаве пл.  $h_8$  (132), вентиляционный ходок №3 1-й восточной лавы ВПУ пл.  $h_{10}$  (160), ходок по 4-й восточной лаве пл.  $h_{10}$  (162), ходок по 3-й восточной лаве пл.  $h_{10}$  (172), полевой капитальный ходок (174), людской ходок пл.  $h_8$  (196), людской ходок пл.  $h_8$  (202), людской ходок пл.  $h_8$  (206), ходок проветривания электровозного гаража г. 1070 м (237), ХМД пл.  $h_7$  (249), ХМД пл.  $h_7$  (255), вентиляционный ходок пл.  $h_7$  (257), вентиляционный ходок пл.  $h_7$  (268), вентиляционный ходок пл.  $h_7$  (276), ПКУ пл.  $h_7$  (396), вентиляционный ходок восточной разгрузочной лавы ВПУ  $h_{10}$  (405).

Для усиления проветривания пользуемся функцией «Усиление проветривания». При этом программа перебирает места возможной установки регулятора расхода воздуха и предлагает два варианта с наиболее значимым результатом. После применения мероприятий по усилению проветривания снова моделируем пожар в исследуемой выработке и если усиление привело к положительному результату, то зона после опрокидывания (зона 2) должна исчезнуть.

Так, например, при пожаре в ветви 261 (полевой конвейерный уклон пл.  $h_7$ ), произойдет опрокидывание вентиляционной струи (рис. 1), при тепловой депрессии пожара 9,28 даПа. До пожара ветвь характеризовалась такими параметрами: расход воздуха 2,90 м<sup>3</sup>/с и депрессия 0,03 мм в. ст.

До опрокидывания вентиляционной струи в зону загазирования попали следующие ветви: 3, 19, 24, 68, 146, 25, 36, 133, 134, 106, 176, 147, 148, 149, 177, 298, 292, 293, 278, 273, 178, 308, 5, 309, 342, 343, 72, 396. На рисунке эта зона показана желтым цветом. В результате в зоне загазирования окажется 28 ветвей.

В результате опрокидывания вентиляционной струи в зону загазования дополнительно попадет 264 ветви. Зона загазования пожарными газами после опрокидывания дополнительно распространилась на ветви: 7, 100, 76, 71, 287, 47, 58, 361, 360, 191, 59, 21, 116, 135, 199, 283, 213, 189, 27, 9, 75, 61, 74, 79, 8, 365, 111, 82, 85, 114, 2, 87, 128, 301, 95, 94, 83, 96, 86, 99, 84, 98, 109, 108, 107, 125, 110, 126, 115, 112, 124, 113, 434, 103, 119, 117, 327, 15, 409, 359, 362, 121, 122, 130, 127, 123, 326, 93, 412, 136, 89, 169, 143, 138, 151, 431, 157, 150, 406, 131, 208, 212, 139, 414, 153, 154, 156, 163, 164, 158, 160, 155, 167, 165, 162, 168, 193, 400, 320, 170, 172, 174, 173, 175, 132, 57, 246, 235, 245, 234, 231, 229, 232, 230, 81, 233, 248, 88, 250, 258, 256, 257, 252, 236, 255, 241, 251, 238, 77, 215, 211, 206, 202, 200, 196, 190, 161, 66, 282, 284, 12, 264, 271, 275, 272, 269, 275, 254, 370, 253, 268, 263, 267, 315, 314, 317, 316, 313, 312, 171, 311, 141, 159, 310, 356, 45, 44, 118, 413, 152, 101, 182, 322, 324, 323, 328, 318, 325, 329, 145, 144, 90, 407, 421, 408, 140, 415, 416, 420, 423, 419, 418, 424, 399, 432, 430, 429, 428, 427, 426, 425, 422, 142, 433, 435, 436, 319, 266, 262, 333, 247, 334, 335, 340, 341, 344, 137, 405, 102, 358, 357, 18, 20, 129, 363, 364, 97, 78, 228, 259, 260, 166, 355, 120, 410, 6, 411. На рисунке эта зона показана голубым цветом.

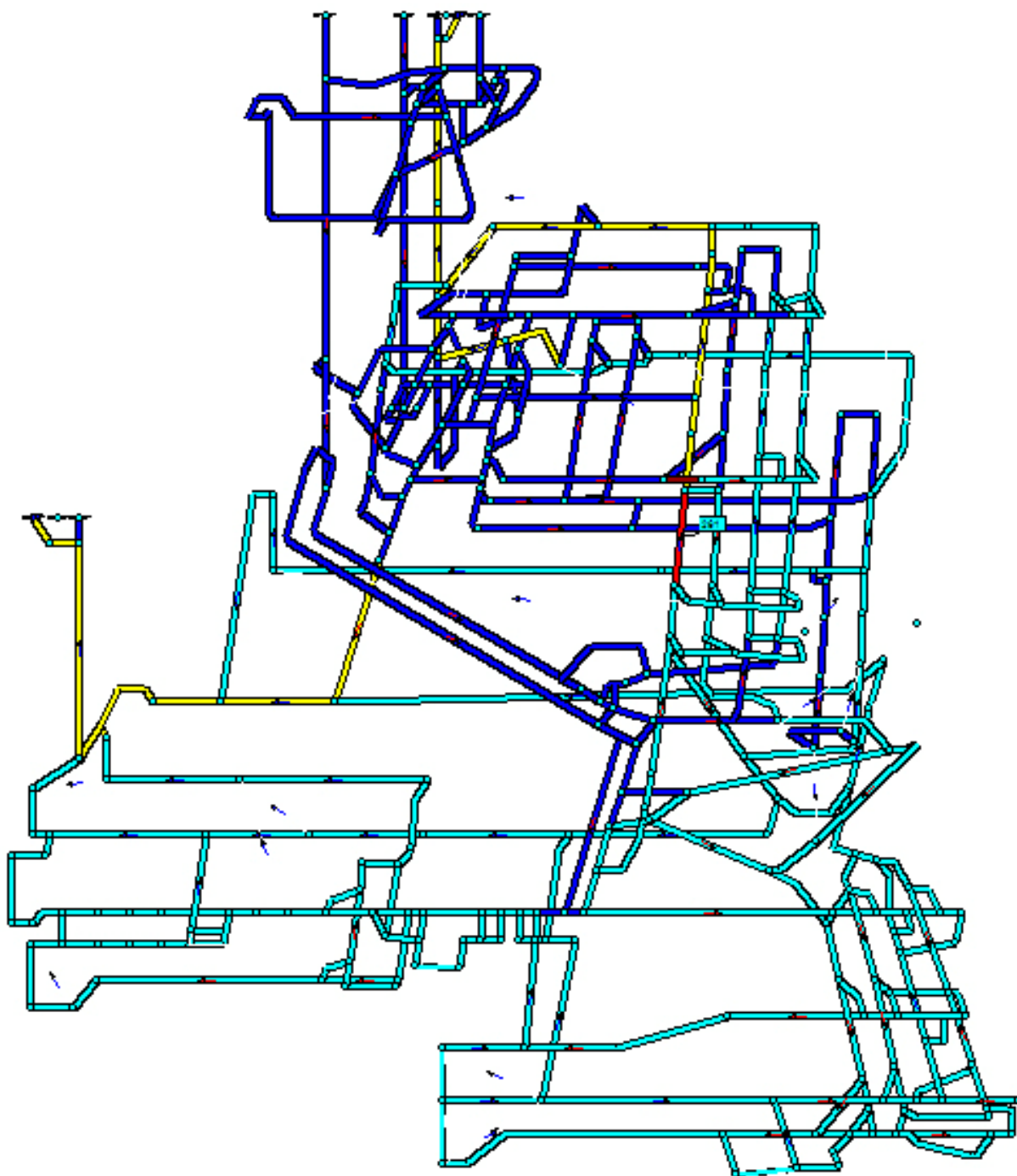


Рис. 1 – Моделирование пожара в ветви 261

Для обеспечения устойчивости проветривания необходимо установить регулятор с сопротивлением 1 кПа в ветвь 254 (полевой вспомогательный уклон пл.  $h_7$ ) и в ветвь 287 (коренной западный вентиляционный штрек пл.  $h_7$ ). После установки регуляторов опрокидывание не происходит (рис. 2).

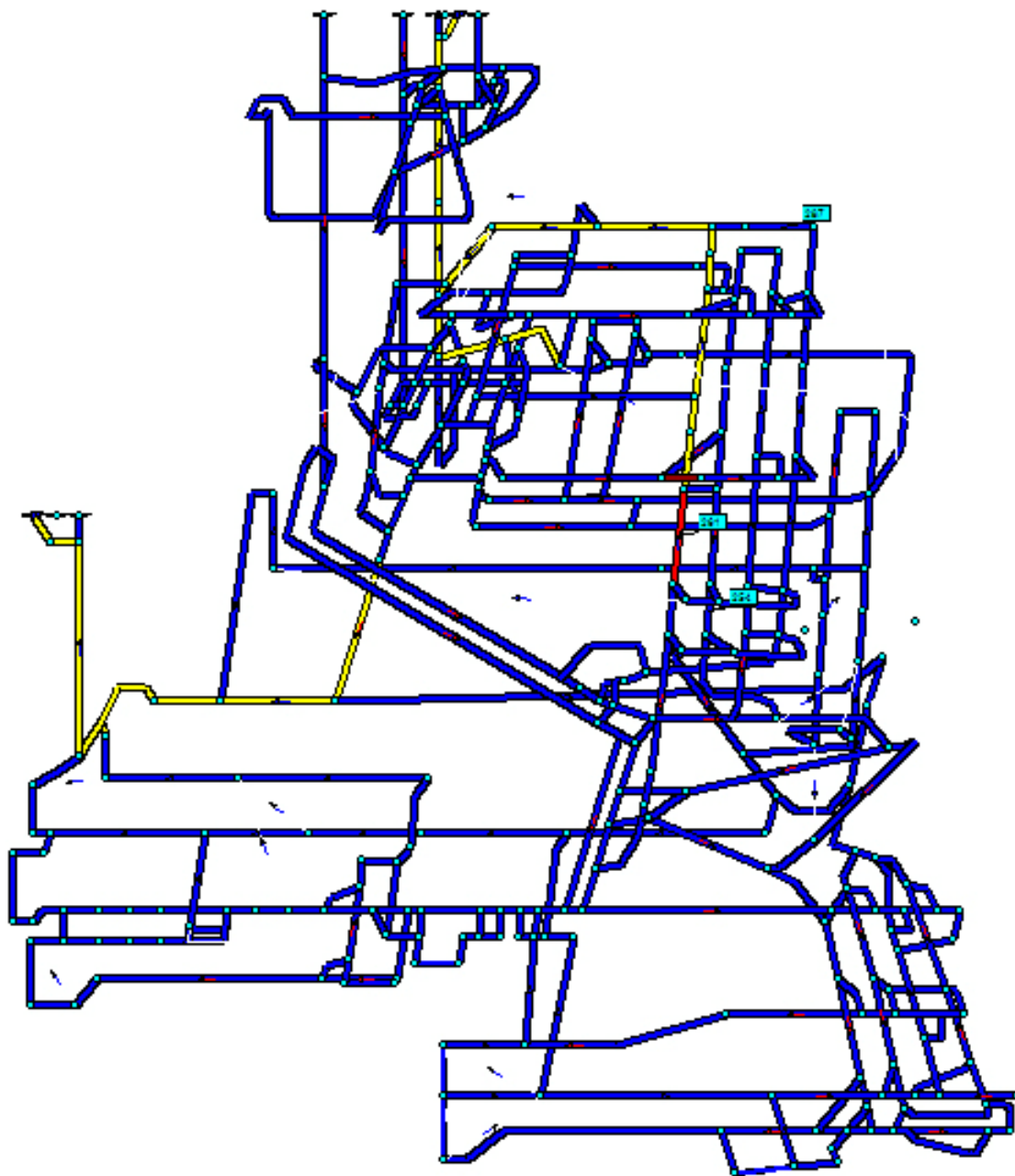


Рис. 2 – Зона загазования после усиления проветривания

Выработки, в которых вентиляционная струя опрокинулась под действием тепловой депрессии пожара, и в которых удалось обеспечить устойчивость проветривания, сведены в табл. 1. В ней указаны номера и названия ветвей, в которых моделировались пожары, места опрокидывания вентиляционной струи, места установки регулятора, количество выработок попавших в зону загазования до опрокидывания вентиляционной струи (зона 1) и после опрокидывания вентиляционной струи (зона 2).

При пожаре в ветвях: вентиляционный ходок разгрузочной лавы пл.  $h_{10}$  (84), ХМД пл.  $h_7$  (255), ХМД пл.  $h_7$  (267), ходок ЦБ пл.  $h_8$  (16) не удалось уменьшить дополнительную зону загазования после опрокидывания вентиляционной струи.

При пожаре в восточном панельном уклоне пл.  $h_{10}$  (141) опрокинулись 143, 151, 314 ветви и усилить проветривания в них путем установления регулятора не удалось, поэтому необходимо перевести вентилятор главного проветривания ВЦД-47У (на восточном вентиляционном стволе) на вышележащую характеристику (с  $70^0$  на  $0^0$ ), в этом случае зона загазования распространяется на 51 выработку (5 из них составляют дополнительную зону загазования). Если этого не делать, зона загазования

распространится на 64 выработки (18 из них составляют дополнительную зону загазирования).

Таблица 1 – Анализ зон загазирования при моделировании пожара

Название и номер пожарной ветви	Места опрокидывания вентиляционной струи	Количество выработок в зоне загазирования			Номер ветви с регулятором расхода воздуха
		до опрокидывания	после опрокидывания	после усиления проветривания	
Вент. ходок ЦУ пл. $h_{10}$ (74)	224	10	14	14	146
Вент. ходок ЦУ пл. $h_{10}$ (78)	75	26	30	30	146
Вент. ходок №2 1-й вост. лавы ЦПУ пл. $h_{10}$ (89)	102	16	19	19	172
Вент. ходок разгр. лавы ЦПУ пл. $h_{10}$ (113)	75	30	34	34	146
Вент. ходок разгр. лавы ЦПУ пл. $h_{10}$ (130)	146	106	110	110	146
Вент. ходок вост. разгр. лавы пл. $h_{10}$ (142)	92, 144, 106	19	45	43	137
Дем. ходок 1-й вост. лавы ВПУ пл. $h_{10}$ (153)	101, 152	23	25	17	152
Ходок ЦБ пл. $h_8$ (179)	52, 184	25	26	25	179
Центр. бремсберг $h_8$ (184)	16, 52, 60, 179, 180	21	26	21	184
Людской ходок пл. $h_8$ (211)	92	36	38	36	72
Вент. ходок пл. $h_7$ (247)	52, 199, 262, 263, 264, 282, 283, 284	22	28	22	247
ПКУ пл. $h_7$ (261)	52, 230, 232, 238, 248, 253, 264, 319	28	264	28	254, 287

При пожаре в вентиляционном ходке пл.  $h_8$  (190), не удалось ликвидировать зону загазирования после опрокидывания воздуха в других ветвях, но удалось уменьшить число ветвей в этой зоне с 208 до 4. Для этого необходимо установить регулятор расхода воздуха в ветвях 188 и 72.

При пожаре в ХМД пл.  $h_7$  (262) не удастся добиться устойчивости проветривания, поскольку программа для усиления проветривания в вентиляционном ходке пл.  $h_7$  (247) предлагает установить регулятор в ветви РПП ПКУ пл.  $h_7$  (284). А при его установке ветвь 262 становится ветвью с нисходящим проветриванием.

При пожаре в полевом конвейерном уклоне пл.  $h_7$  (273) происходит опрокидывание в 11 ветвях (в том числе в 197 и 288), что приводит к дополнительной зоне загазирования, которая включает в себя 13 ветвей. Добиться устойчивости проветривания в 197 ветви не удалось, а для обеспечения устойчивости проветривания 288, необходимо установить регулятор в 278. В результате дополнительная зона загазирования уменьшится до 6 ветвей.

При пожаре в групповом вентиляционном ходке 1-й панельной лавы ЦПУ  $h_{10}$  (410) опрокинется воздух в 135 ветви и только эта выработка попадет в дополнительную зону загазирования, но, если добиться устойчивости проветривания в 135 ветви, то дополнительная зона загазирования распространится на 33 выработки. Таким образом, нет смысла добиваться устойчивости проветривания в ветви 135.

Таким образом, используя компьютерную модель схемы вентиляции шахты им. М.И. Калинина можно решать задачу по обеспечению устойчивости проветривания

горных выработок при пожарах в наклонных выработках с восходящим проветриванием. Что позволяет уменьшить число выработок попадающих в зону загазирования при данных авариях, а значит, возможно, и количество людей попавших в зону распространения пожарных газов.

#### **Список литературы**

1. Трофимов В.А., Кавера А.Л., Калинич Н.М., Негрей А.Г. Влияние увеличения сопротивления наклонной выработки на устойчивость ее проветривания при пожаре // Материалы Международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность и вентиляция подземных сооружений в XXI столетии» – Донецьк. – 2012. – С. 16-18
2. Болбат И.Е., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах. – М.: Недра, 1992. – 206 С. Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.О., Кавера О.Л., Харьковский М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж – Донецьк, ДонНТУ. – 2009. – 88 С.
3. Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.О., Кавера О.Л., Харьковский М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж – Донецьк, ДонНТУ. – 2009. – 88 С.
4. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.– 2010. – 431 С.