



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Geología –Minería
Departamento de Minas

*Trabajo de diploma en opción al título
de
Ingeniero en Minas*

Tema: Guía metodológica para la realización de laboratorios y clases prácticas en la asignatura Atmosferología Minera

Autora: Yurina Girón Robles

Tutor: Dr.C Roberto Lincon Watson Quesada

Curso
2014 – 2015
Año 57 de la Revolución



Yo: Yurina Girón Robles autora del Trabajo de Diploma con el título: Guía metodológica para la realización de laboratorios y clases prácticas en la asignatura Atmosferología Minera y el tutor Roberto Lincoln Watson Quesada declaramos como propiedad intelectual de este al I.S.M.M, Departamento de Minería.

Para que así conste firmo la presente a los _____ días del mes _____ del año 2015.

Y como constancia de que el presente trabajo fue elaborado por la autora y revisado por el tutor firman los correspondientes:

Yurina Girón Robles _____

Autora

Roberto Lincoln Watson Quesada _____

Tutor

Yurina Girón Robles

Pensamiento



“...hay tristezas preñadas de esperanzas cuando los humanos creemos estar haciendo lo correcto, no para obtener riquezas, poder o gloria, sino para crear espacios de oportunidades y libertad”.

José Martí

DEDICATORIA

*Dedico este Trabajo de Diploma a la memoria de mi querida abuela **Patrocinia Roble Revé** por su soñar a su nieta una profesional, que es lo que está sucediendo ahora.*

*A mi abuelo **Eliseo Robles García** por apoyarme en todo a lo largo de mis 22 años de vida.*

*A mis padres **Edicta Robles Roble** y **Eddy Girón Mayeta** por serlo todo para mí.*

*A mis hermanas **Yeline** y **Yanet Carnet Robles** por haber sido mi gran inspiración para seguir adelante.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria en los momentos duros y de consternación.

A toda mi familia por estar pendiente de mis estudios en especial a mis padres por haber hecho muchos esfuerzos en estos cinco años de carrera para que me graduase.

A mis tíos María Dolores Robles Roble, Juana Robles Vidiaux, Maritza Robles y Juan Robles García por ser mis grandes ejemplares, darme mucha fuerza y apoyo incondicional.

A mi tutor Dr.C Roberto Lincoln Watson Quesada por haber confiado siempre en que yo podía más y estar ahí hasta el final.

A mis primos Dayanis y Leyanis Álvarez Grandales, Yaimara Cascaret Robles y Fernando Girón Sánchez.

A mis compañeros de aula por los buenos y difíciles momentos pasados a lo largo de cinco años en especial: Helvi, Melinda, Ana, Reinier.

A mis compañeros de otros años y carreras que han estado pendientes del desarrollo de este trabajo de diploma en especial a Yalennis y Caridad.

A los profesores del departamento de Minería y de otros departamentos por haber aportado su granito de arena en mi formación como ingeniera en minas.

A las trabajadoras del laboratorio de Computación de la Facultad en especial: Yanisleydis Alpajón

RESUMEN

A partir de las experiencias en el trabajo metodológico, las exigencia del ministerio de educación superior relacionado con la formación del profesional y las necesidades surgidas al aplicar el plan de estudio D, por la reducción del fondo de tiempo en la asignatura Atmosferologia minera se hace necesario la elaboración de las guía para las clases Prácticas y los laboratorios.

Las guías metodológicas elaboradas para la realización de laboratorios y clases prácticas sintetizan, analizan y estructuran en pasos organizados las metodologías para el desarrollo, orientación y evaluación de esas actividades señaladas, las cuales será utilizadas el próximo curso.

ABSTRACT

Starting from the experiences in the methodological work, the demand of the ministry of superior education related with the professional's formation and the necessities arisen when applying the study plan D, for the reduction of the bottom of time in the subject mining Atmosferologia becomes necessary the elaboration of the guide for the Practical classes and the laboratories.

The methodological guides elaborated for the realization of laboratories and practical classes synthesize, they analyze and they structure in organized steps the methodologies for the development, orientation and evaluation of those signal activities, which the next course will be used.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: ANÁLISIS DEL MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA ATMOSFEROLOGIA MINERA	4
1.1 Caracterización de los planes de estudio	4
1.1.2 Caracterización de la situación actual	6
1.1.3 Caracterización de la carrera.....	8
1.1.4Objetivo general del plan	11
1.2 Medios de enseñanza	12
1.2.1 Funciones de los medios de enseñanza.....	12
1.2.2 Clasificación de los medios de enseñanza y aprendizaje.....	13
1.2.3 Sistema de Ejercicios	14
1.2.4 Necesidad e importancia de un sistema de ejercicios	15
1.2.5 El papel del sistema de ejercicios en el Plan D	17
CAPÍTULO II GUÍA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS.....	23
CAPITULO III. GUÍA PARA LAS CLASES PRÁCTICAS.....	63
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	90

INTRODUCCIÓN

El perfeccionamiento de los planes de estudio de la enseñanza superior cubana se concibe como un proceso continuo de cambio constante cuyo objetivo es perfeccionar y elevar la calidad, a su vez responder a las exigencias de los nuevos tiempos. Este proceso tiene su expresión en el trabajo de las disciplinas y los colectivos de asignaturas en el trabajo metodológico. Como resultado de ello, en determinados momentos, se alcanza un desarrollo cualitativo que conlleva a realizar modificaciones a los planes y programas, la carrera de Ingeniería en Minas se encuentra inmersa en este proceso. Para ello, se ha tenido presente la interrelación entre los conocimientos que aporta la ciencia en particular con la práctica; exigencia que conlleva al desarrollo de conocimientos científicos - técnicos para la formación de un profesional competente.

Como esta carrera se encarga de estudiar y analizar los procesos mineros de construcción y explotación: en el modo a cielo abierto o en subterráneo, en el segundo caso el proceso de ventilación resulta de extrema importancia para crear condiciones seguras y favorables de trabajo las que solamente son posibles si se asegura una buena ventilación.

El ingeniero de minas no solo debe conocer la teoría de la aerología minera, sino también, los instrumentos y aparatos, los parámetros de: la atmósfera minera, la red de ventilación y las corrientes de aire, así como los medios técnicos para suministrar y controlar el aire en los frentes y las excavaciones.

Los conocimientos y habilidades adquiridas le permiten resolver, de forma independiente y científicamente argumentada, los problemas de la aerología minera tanto en las etapas de construcción como de explotación, inclusive con una visión futurista, para su empleo más allá de cierre.

La asignatura Atmosferologia Minera perteneciente a la disciplina de Protección Ergoambiental, cuenta con un total de 60 horas de clase divididas por 4 temas, los que a su vez en dependencia del tipo de clases está dividido de la siguiente forma:

Tipología de clase	Horas
C (Conferencia)	24
CP (Clases Práctica)	14
CPL (Práctica de Laboratorio)	18
S (Seminario)	4

En la actualidad la asignatura Atmosferologia Minera cuenta con varias bibliografías en soporte digital para su desarrollo pero no con una guía capaz de orientar las prácticas de laboratorio y clases prácticas que los profesores indican a los estudiantes lo que constituye la **situación problémica** de esta investigación.

Problema Científico:

Necesidad de elaborar una guía metodológica para la realización de los laboratorios y clases prácticas en la asignatura Atmosferologia Minera.

Objeto de Estudio:

La asignatura Atmosferologia minera

Campo de Acción:

Guía metodológica para la realización de los laboratorios y clases prácticas.

Objetivo General:

Elaborar la guía metodológica para los laboratorios y clases prácticas para la asignatura Atmosferologia Minera.

Hipótesis:

Si se elabora la guía metodológica para la realización de los laboratorios y las clases prácticas de la asignatura Atmosferología Minera se facilitará la preparación previa de los estudiantes y la adquisición de las habilidades y competencias propias de estos profesionales.

Objetivos específicos:

- Estudio de los documentos rectores de la carrera (Plan de estudio, Programa de la disciplina, programa de la asignatura).
- Elaboración del marco teórico: guías metodológicas y los laboratorios y clases prácticas por temas.
- Estudio de documentación de los equipos e instrumentos existentes. en el laboratorio de Atmosferología Minera.
- Elaboración de la guía de laboratorio.
- Elaboración de la guía de clases prácticas.

CAPITULO I: ANÁLISIS DEL MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA ATMOSFEROLOGIA MINERA

En este capítulo se hace una breve reseña histórica de la asignatura Atmosferologia minera a través de los diferentes Planes de Estudio por los que ha transitado la carrera de Ingeniería en Minas hasta llegar al plan actual (Plan D), se fundamenta teóricamente el diseño curricular de la disciplina de Protección Ergo- ambiental y la asignatura dentro de esta.

Desarrollo histórico de los Planes de Estudio en la carrera de Minería

1.1 Caracterización de los planes de estudio

El perfeccionamiento de los planes de estudio se concibe como un proceso continuo de la Educación Superior. Como resultado de ello, en determinados momentos, se alcanza un desarrollo cualitativo que conlleva a modificar los planes vigentes.

Desde el curso 1990-1991 que se introdujeron los Planes de Estudio “C” a la fecha, han transcurrido ya 25 años, en los cuales han tenido lugar importantes transformaciones, como consecuencia de los cambios que se han producido en nuestro país y, en general, de los avances de la ciencia y la técnica, que en algunos Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) con Centros de Educación Superior (CES) adscritos, han implicado incluso la necesidad de nuevos planes de estudio o carreras. En particular, en el MES se desarrolló un proceso de actualización de esos planes dando lugar a los Planes “C” modificados y posteriormente a los Planes C Perfeccionados, que abarcó todas las carreras entonces vigentes, cuyos primeros graduados egresaron en el curso 2002 -2003.

Todo esto conduce a la elaboración de la cuarta generación de planes de estudio que genéricamente se denominó Planes “D”- los que se sustentan en una concepción más flexible de los programas donde las carreras cuentan con un

currículo base, currículo propio y el currículo optativo electivo, donde se da respuesta a las necesidades de los territorios, según las exigencias de los empleadores y OACES, por otro lado el estudiante activo de este proceso hace uso del derecho de elegir aquellos conocimientos que considera les serán útiles para su futuro profesional.

Esta nueva concepción debe estar respaldada por un trabajo metodológico profundo para asegurar que el estudiante quede estimulado a convertirse en un individuo participativo en su formación y en un constante explorador de nuevos conocimiento que pondrá en práctica y para ello debe contar con los medios necesarios que faciliten este modo de actuación.

Todo esto forma parte de la permanente Batalla de Ideas que libra nuestro pueblo, así como de los aspectos recogidos en los lineamientos y objetivos de la conferencia del PCC, las que se deben integrar a este perfeccionamiento.

La asignatura que hoy se denomina Atmosferología minera, comenzó a estudiarse bajo el nombre Ventilación de Minas, tuvo siempre presencia desde los primeros planes de estudio, contando con un fondo de tiempo que osciló entre las 70 y 80 horas de clases, con un componente práctico aproximado al 50 % entre clases prácticas y laboratorios que en muchos casos se desarrollaron en condiciones de producción, en minas subterráneas como El Cristo, Ponupo, Matahambre, Las Mercedes; también en los primeros túneles del Tránsito, túneles Populares, entre otros.

Al introducirse el Plan de Estudio D se produce una reducción del fondo de tiempo de esta asignatura hasta 60 horas como se indicó en la introducción y aunque la proporción del componente práctico se mantuvo próximo al 50% se hace necesario facilitar a los estudiantes el desarrollo de habilidades en un contexto donde las minas subterráneas temporalmente han permanecido cerradas o paradas y las obras del tránsito cobran importancia y requieren de profesionales

habilitados con capacidades para enfrentar los retos que en el orden de la Atmosferologia se demandan.

Ahora bien el cambio de nombre surge al elaborarse el Plan de Estudio C y después de un análisis profundo el Profesor José Ramón Miranda González, convenció a la comunidad científica reunida sobre la lógica del nombre Atmosferologia Minera, ya que para ventilar se requiere estudiar la atmosfera minera, posteriormente se actúa sobre ella con los diferentes medios para renovarla y darle las cualidades y cantidades demandadas por los procesos mineros y finalmente se ejecuta el control de esa atmosfera para saber si cumple con las demandas. En ese tiempo aconteció la estructuración disciplinar de los planes de estudio, surgiendo la disciplina Protección Ergoambiental que agrupa a las asignaturas Química, Protección del trabajo minero, Atmosferologia minera y protección del medio ambiente.

1.1.2 Caracterización de la situación actual

Como es conocido, el Plan D se concibió para que se desarrollase en condiciones tales que el estudiante contase con los medios necesarios para ser un ente activo en su formación y para ello se debían crear las condiciones que así lo asegurarían. Sin embargo en nuestro país por determinadas limitaciones no se ha logrado este objetivo aunque hay avances evidentes.

Las principales exigencias actuales son las siguientes:

- Nuestro pueblo continua en la Batalla de Ideas y en particular la universalización de la educación superior, plantea a los cursos diurnos nuevos retos que es necesario asumir, tanto desde el punto de vista de su fundamentación teórica, como en relación con su aplicación práctica.

- También en el contexto de la Batalla de Ideas y asociado a algunos de sus programas educativos, ha surgido el nuevo concepto del estudio como empleo, que introduce nuevas aristas en relación con el ingreso y la ubicación laboral.
- No estaba definida la política de apostar a los servicios como vía fundamental para asegurar el empleo, razón por la cual los modos de actuación del profesional en muchas carreras, sobre todo en las de ciencias técnicas y agropecuarias, se centraron en aspectos de otro tipo, tales como el diseño y otros similares.
- El perfeccionamiento empresarial es otro elemento de importancia que se introduce y avanza gradualmente en nuestro sistema empresarial, y que es necesario tener en cuenta en la caracterización actual de nuestro entorno laboral.
- La existencia de la DIP del Tránsito Este- Oeste como entidad de colaboración, donde nuestros estudiantes y egresados participan en el desarrollo de estas obras y la formación del personal joven. Encargo recibido en ISMM por la facultad de Minas y Geología.
- No se hablaba de la Informatización de la Sociedad Cubana, aspecto este que debe provocar profundas transformaciones en nuestros métodos de enseñanza, implicando cambios importantes en los roles tradicionales del profesor y el estudiante.
- Comienza a tener lugar un incremento de las solicitudes de los OACE de crear capacidades para la formación de personal para explotación de yacimientos de menas metálicas, dígame oro y otros acompañantes.
- Este plan se concibe para que los estudiantes asuman paralelamente otras importantes tareas de la Revolución, que gradualmente se va convirtiendo en una realidad que abarca a una considerable cantidad de estudiantes involucrados en tareas de alto significado social.
- Se producen importantes transformaciones en el plano internacional que es necesario tener en cuenta -siempre a partir de nuestras realidades- dada la

necesidad de trabajar de conjunto con otros países en tareas tales como la equivalencia y la convalidación, total o parcial, de los estudios universitarios y teniendo en cuenta la importancia que tiene para nuestro país la positiva valoración del resto del mundo acerca de nuestro sistema educativo.

1.1.3 Caracterización de la carrera

La carrera actualmente se estudia en 5 años de los cuales cuatro y medio están desinados para la impartición de los currículos base, propio y el optativo – electivo, al tiempo que cada año se desarrolla el componente laboral investigativo en correspondencia con los objetivos de cada año académico. La forma de culminación de los estudios es a través del Trabajo de Diploma. Para ello el estudiante debe haber vencido todo el currículo, el cual está estructurado en disciplinas.

Disciplinas de la carrera

- Marxismo-leninismo
- Idioma Extranjero
- Matemática
- Física
- Geo-mecánica
- Mecanización y automatización
- **Protección Ergo-ambiental**
- Tecnología y (de) explotación de los recursos del macizo
- Preparación para la defensa.
- Práctica Laboral investigativa y trabajo de Diploma.

Modo de actuación

El Ingeniero de Minas se dedica fundamentalmente a la explotación racional de los recursos minerales tanto de forma subterránea como a cielo abierto,

contemplando la mitigación de los impactos ambientales, la observancia de la seguridad minera y de la evaluación económica de los proyectos mineros. Por la preparación que recibe en trabajos con explosivos, construcción subterránea, mecanización de los trabajos de movimiento de tierra, topografía, Medio ambiente, Dirección de empresas, transporte de masas mineras y la formación político ideológica pueden desarrollar sus actividades en la construcción de obras subterráneas y superficiales para otros fines de la economía, obras viales, hidrotecnias, docencia, gestión de los recursos minerales y de dirección, etc. Por tanto pueden trabajar en:

- Empresas y Unidades geólogo-mineras del MINBAS
- Empresas y Unidades de extracción de materiales de construcción del MIMC, MINAZ, MITRANS, Poder Popular, etc.
- Empresas constructoras de obras viales e hidrotécnicas del MICONS, MINAGRI, MITRANS, etc.
- Empresas constructoras de obras subterráneas del MINFAR.
- Centros de Proyectos Mineros.
- Centros de Educación Técnica y Superior.
- Oficina Nacional de Recursos Minerales.
- En la esfera de los servicios.
- Obras y Tareas de la Batalla de Ideas.

Objeto de la profesión

- Recursos minerales y funcionales del macizo rocoso.

Esferas de actuación profesional

- Explotación de los yacimientos minerales.
- La construcción subterránea y de superficie.

Campos de acción fundamentales

- El Macizo Rocosó.
- Los medios de trabajo.
- El proceso de producción minero y sus relaciones técnico-organizativas.
- El manejo de los recursos minerales y funcionales del macizo.
- La seguridad minera.
- La protección del medio ambiente en el campo de minas y su entorno.

Problema fundamental de la carrera de ingeniería de minas

- La necesidad de aprovechar los recursos minerales y funcionales de la corteza terrestre de forma sostenible.

De este problema fundamental se generan los siguientes:

- Crear espacios de trabajo en el macizo en condiciones seguras que garanticen el desarrollo sostenible de la actividad.
- Crear espacios de comunicación que le permitan introducir los avances de la ciencia y la técnica, realizar la labor educativa y político ideológico en los colectivos de trabajo.
- Dirigir los trabajos mineros, elegir y utilizar racionalmente los medios de trabajo, dominar los principios de la mecanización y automatización de los procesos mineros y el uso de distintos tipos de energía.
- Garantizar el mantenimiento y reparación de las obras, instalaciones y equipos mineros.
- Preservar, mitigar y rehabilitar los impactos ambientales provocados por la actividad minera y garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Analizar multilateralmente desde los puntos de vista técnico, **económico**, y ecológico las actividades mineras y de construcción.

1.1.4 Objetivo general del plan

- Formar un profesional integral, comprometido con el Partido y el Estado, capaz de explotar de forma racional (con racionalidad) los recursos minerales y funcionales de la corteza terrestre.

1.1.5 Objetivos instructivos

- Conocer los antecedentes, estado actual y perspectivas de la rama y la profesión, así como su importancia para la economía y el papel del profesional en el desarrollo de la misma.
 - Explicar las características de los campos mecánico-electromagnéticos y mecano-cuántico, interpretar los modelos matemáticos que se relacionan con estos campos y resolver problemas relacionados con la carrera aplicando las herramientas de computación y las tecnologías de la información.
 - Interpretar los fundamentos generales del surgimiento y desarrollo geológico del planeta y de la corteza terrestre, especialmente de la formación de los yacimientos minerales, así como los diferentes trabajos geológicos e hidrogeológicos, de modo que pueda aplicarlos a la minería y la construcción en el macizo. Determinar las propiedades del macizo y evaluar los distintos fenómenos que ocurren en éste al realizar los diferentes trabajos.
 - Expresar gráficamente el objeto de trabajo, interpretar los proyectos y trabajos topográficos, ejecutar y calcular redes topográficas para los trabajos geológicos, mineros y de construcción.
 - Elegir y aplicar las metodologías necesarias para la selección y explotación racional de los medios de trabajo empleados en la minería y la construcción.
 - Seleccionar y aplicar las distintas tecnologías de explotación y calcular los elementos básicos de las excavaciones, construcciones y frentes de extracción en los yacimientos minerales y del proceso de beneficio.
 - Aplicar, controlar y elaborar las medidas de protección del trabajo, las técnicas de seguridad y las medidas de protección ambiental.
 - Dirigir la producción sobre la base del análisis técnico-económico y ecológico.
-

- Dominar las causas del diferendo Cuba-EU, el pensamiento antiimperialista del pueblo cubano desde José Martí hasta Fidel Castro, conocer y aplicar los aspectos más generales de la Ley de la Defensa Nacional y las medidas de defensa civil para tiempos de paz y en situaciones excepcionales.

I.2 Medios de enseñanza

Objetos naturales, conservados o sus representaciones. Materiales, instrumentos o equipos que apoyan la actividad de docentes y estudiantes, en las distintas formas de organización del proceso de enseñanza y aprendizaje (dentro y fuera del salón de clases, laboratorios, la naturaleza, museos, bibliotecas, Industrias, centros laborales, entornos virtuales, entre otros), y que permiten dar cumplimiento a los objetivos, favoreciendo que los estudiantes se puedan apropiar del contenido de manera reflexiva y consciente, en una unidad entre la instrucción, la educación y el desarrollo.

Los medios de enseñanza y aprendizaje “están en constante renovación (...) permiten elevar la motivación por la clase, incrementan la concentración de la atención y la memorización (...) permiten al profesor aprovechar el tiempo empleado en la exposición de los contenidos y ahorrar esfuerzos innecesarios a los estudiantes.” (Bravo y Hernández, 1995, p 1)

1.2.1 Funciones de los medios de enseñanza

Los medios de enseñanza cumplen funciones instructivas, cibernéticas, formativas, y recreativas, a las cuales le sumamos las funciones: motivadora-innovadora-creadora, lúdica-recreativa y desarrolladora-control, ya que su uso de manera científica favorece el desarrollo de la personalidad de los estudiantes.

Función instructiva

Promueven la apropiación de los conocimientos y el desarrollo de habilidades.

Permiten estudiar los objetos fenómenos o procesos de la manera más objetiva posible.

Función cibernética

Influyen en el estudiante y este llega a ofrecer respuestas, las que provocan un cierto mecanismo de reflujo, que contribuye a regular el proceso de enseñanza aprendizaje, al permitir conocer las referencias del estudiante, sus motivaciones o maneras de actuar.

Función formativa

Influyen en la educación del estudiante, en la formación de sus convicciones y valores, a la vez que favorecen la elevación de su cultura e instrucción, enriquecimiento su visión del mundo y de sí mismo.

Función lúdica- recreativa

Favorecen la distracción y el entretenimiento, a la par que se instruye y educa. Permiten cambios de actividad y en determinados tipos, un descanso físico mental. En la educación básica favorecen la utilización de juegos.

Función desarrolladora-control

Favorecen el desarrollo integral de la personalidad del estudiante. A la vez que proporcionan el control, autocontrol y valoración del aprendizaje.

Función motivadora, innovadora, creadora

Correctamente utilizados son poderosos elementos que motivan el estudiante a aprender, lo entusiasman por apropiarse del contenido, crean intereses e inclinaciones, la necesidad de crear.

Medios educativos

Podemos considerar los medios educativos como aquellos elementos materiales cuya función estriba en facilitar la comunicación que se establece entre educadores y educandos.

1.2.2 Clasificación de los medios de enseñanza y aprendizaje

Existen numerosas clasificaciones de medios de enseñanza: unas atienden a su

evolución histórica de acuerdo al desarrollo científico y tecnológico, otras a sus características constitutivas y otras a sus funciones.

➤ Primera

No necesita ni máquinas, ni dispositivos electrónicos: Cuadros, gráficos, mapas, manuscritos, objetos de exposición, modelos, pizarrón, demostraciones, teatralizaciones, entre otros

➤ Segunda

Son producto de la introducción de la imprenta: Manuales, libros de clase, test impresos, guías de ejercicios, sistemas de ejercicios y otros materiales impresos.

➤ Tercera

Introducen la comunicación en base a imágenes y sonidos: Fotografías, diapositivas, películas, grabaciones, radio, televisión.

➤ Cuarta

La comunicación se establece entre el hombre y la máquina: Auto instrucción programada, laboratorios lingüísticos, calculadoras numéricas electrónicas computadoras, DVD y otros medios tecnológicos, todos conectados en red.

1.2.3 Sistema de Ejercicios

Sistema de Ejercicios

Según Padrón, C., (2000) un sistema de ejercicios es el “conjunto de actividades organizadas y orientadas por el maestro de forma que estimulen la creación, la independencia y el pensamiento crítico de los estudiantes encaminados a desarrollar las habilidades propias de cada aspecto de la actividad verbal, teniendo en cuenta el grado de dificultad lingüística, no verbal, operacional y cultural, así como el nivel de asimilación de los conocimientos en que se encuentran los estudiantes en su desarrollo de hábitos y habilidades y donde el

centro de atención esté dirigido hacia la solución de problemas propios de cada aspecto de la actividad verbal”. (Tesis de la profesora Marta)

1.2.4 Necesidad e importancia de un sistema de ejercicios

En las carreras universitarias en general y en particular aquellas que se desarrollan en las sedes municipales los medios que más se adaptan a las disímiles condiciones actuales de aprendizaje son el texto básico y un sistema de ejercicios de la asignatura en formato impreso, por lo que se convierten en esta modalidad en los más importantes e imprescindibles para los estudiantes. En las condiciones más adversas ambos deben guiar y posibilitar por si solos el autoaprendizaje. Los restantes medios de enseñanza que conforman el sistema de cada asignatura o curso serán apoyos complementarios que utilicen los estudiantes para el estudio, aparezcan en un CD, que esté disponible en los centros de recursos de aprendizaje territoriales.

En los postgrados académicos de amplio acceso, por lo general no existe un único texto básico y las fuentes de información básica suelen ser diversas: libros, artículos, monografías, programas informáticos, materiales audiovisuales y otros en diferentes formatos y soportes, por lo que un sistema de ejercicios y las fuentes de información básica constituyen los medios de enseñanza fundamentales de los diferentes cursos que se desarrollan en condiciones de presenciales sin embargo también juegan un papel importante en los presenciales para el logro de mayores competencias en los estudiantes.

Lo más conveniente es que el sistema de ejercicios se encuentre en formato impreso y que los restantes medios que se requieren estén disponibles en los centros de recursos de aprendizaje.

El sistema de ejercicios de la asignatura o curso en la modalidad presencial, juega por tanto un papel esencial, ya que asume gran parte de las actividades que los profesores realizan en las clases presenciales tradicionales, por la menor frecuencia

del contacto alumno-profesor y a su vez ejerce una función articuladora de los restantes medios didácticos.

La articulación de un sistema de ejercicios con los restantes medios didácticos, resulta un elemento esencial a tener en cuenta por los profesores encargados de su elaboración.

Esta articulación se hace más directa en el caso del libro de texto o de las fuentes de información básica, ya que el mismo incluye la orientación necesaria para su uso correcto y manejo provechoso por el estudiante, establece pautas para la asimilación de la información y esclarece aquella parte esencial del contenido que se considere necesaria, tales como conceptos, categorías e información actualizada.

El sistema de ejercicios sin embargo, no puede pretender sustituir al texto a las fuentes de información básica, ni incorporar en exceso información que atente contra la necesaria búsqueda y consulta de diversas fuentes que debe realizar el estudiante en su aprendizaje para vencer la materia; es necesario evitar el desuso de la bibliografía básica y de consulta, así como también el exceso de facilismo por parte del estudiante.

En la concepción y diseño del sistema de medios debe preverse por otra parte, que el proceso de informatización del país avanza aceleradamente y en un futuro no lejano, se podrá contar con la interconexión y suficiente ancho de banda, que posibiliten la utilización de forma masiva de las plataformas de tele formación en el proceso de universalización de la educación superior.

Los materiales didácticos que se elaboren para las actuales condiciones, deben posibilitar su fácil y progresiva adaptación, reutilización y completamiento, acorde a las nuevas posibilidades que brindaran los recursos tecnológicos. Cada asignatura o curso de la modalidad de estudio presencial contará con un sistema integrado y progresivo de medios de enseñanza que posibiliten el aprendizaje de los estudiantes, en el texto o las fuentes de información básica y el sistema de ejercicios juegan el papel fundamental y este último además, una función articuladora entre

todo los medios didácticos. El autor del sistema de ejercicios debe garantizar que el mismo cumpla con esta función articuladora y que el sistema de medios en su conjunto posibilite el aprendizaje del estudiante.

1.2.5 El papel del sistema de ejercicios en el Plan D

El perfeccionamiento de los Planes de Estudio se concibe como una labor interrumpida en el Educación Superior, en función de esto, el plan D se proyecta como la expresión viviente de la idea que enfoca el Estado cubano con relación al desarrollo de la nación. Es la era de una verdadera revolución del conocimiento, caracterizado por un explosivo desarrollo económico, social y científico-técnico, en medio de un mundo globalizado, donde las políticas neoliberales frenan el buen desempeño de las relaciones de la Universidad con la Sociedad, por tanto se hace necesario buscar los mecanismos que posibiliten un mayor acercamiento de la Universidad con su entorno y/o hace que se aprovechen las ventajas que de esta unión pueden obtenerse.

En el desarrollo del proceso docente educativo el profesor y el tutor ahora tendrán que adoptar un papel protagónico y decisivo para la obtención del éxito deseado. El profesor se convierte en el responsable de que el proceso docente educativo de las asignaturas se desarrolle con la calidad requerida, por lo que está obligado a dominar los contenidos de las mismas y a guiar a los estudiantes en el autoaprendizaje.

Papel del sistema de ejercicios de la asignatura Atmosferología Minera

Los sistemas de ejercicios estructurados para las clases prácticas y prácticas de laboratorios son de extrema importancia para el alcance de los objetivos y las habilidades en esta asignatura ya que el estudiante al contar con estas guía para el autoaprendizaje y auto preparación pueden llegar al salón de clase ya reparados, lo que facilita que el docente solo ejecuta la función de control

condicionante para que el estudiante acceda a realizar el laboratorio o la clase práctica.

Por otro lado los docentes podrán contar con una base material que les permitirá pasar a introducir cuestiones siempre más actuales ya que dispondrá del tiempo que ahora es reducido por las exigencias del plan D, el programa de la disciplina.

En el programa analítico de la asignatura se formulan los objetivos, sistema de valores contenido por temas y sistema de evaluación los que se exponen seguidamente:

Objetivos educativos

Desarrollar la concepción científica del mundo mediante la interpretación de los contenidos y formas de las actividades propias de la asignatura, donde se muestra la materialidad y la cognoscibilidad de ese mundo, la sujeción a leyes de los procesos de su transformación y la capacidad del hombre para cambiarlo en aras de su propio bienestar y del medio en general, al mismo tiempo que se reflejan las manifestaciones de las leyes y categorías de la disciplina, en concordancia con las de la dialéctica materialista.

Desarrollar formas cada vez más cultas de pensamiento al relacionarse con el objeto de trabajo y por medio de él (y/o directamente) con los trabajadores a los que presta el importante servicio, así como con los bienes materiales a los que de ese modo trata de proteger.

Instructivos

Caracterizar, calcular, analizar y mantener o cambiar los estados de la atmósfera minera de determinadas excavaciones o de una mina o sistema de excavaciones de la defensa, en su totalidad.

Ver anexo 1 Tabla 1 Sistema de valores

PLAN TEMÁTICO

Distribución y tipologías de las clases por tema:

Tema I	La Atmósfera Minera				16 Horas
	C	CP	PL	S	
	8	--	6	2	Total 16
Tema II	La Ventilación de las Minas				20 Horas
	C	CP	PL	S	
	8	6	4	2	Total 20
Tema III	El Control de la Ventilación				16 Horas
	C	CP	PL	S	
	4	4	8	-	Total 16
IV	Los Proyectos de Ventilación				8 Horas
	C	CP	PL	S	
	4	4	--	--	Total 8
TOTALES	24	14	18	4	60

OBJETIVOS Y CONTENIDO POR TEMA

Tema I: La Atmósfera Minera

Objetivos:

Caracterizar y evaluar el estado de la atmósfera minera desde el punto de vista Ergoambiental.

Contenido:

Introducción. La Atmosferologia Minera. Su papel e importancia.

Influencia del estado de la atmósfera minera sobre la salud y seguridad de los trabajadores, y sobre la productividad del trabajo.

Estado actual y desarrollo perspectivo de la Atmosferologia Minera.

El aire atmosférico normal y el aire minero. Sus principales contaminantes gaseosos.

Influencia Ergoambiental de los principales contaminantes gaseosos. Normas sanitarias (NS). El polvo minero. Su influencia Ergoambiental. Normas sanitarias.

Climatología minera. Elementos de climatización minera.

Sistema de evaluación:

Preguntas de control en clases

Seminario No.1

Subtema 1- Caracterización de la atmósfera minera por sus contaminantes gaseosos.

Subtema 2- Caracterización de la atmósfera minera por sus contaminantes particulados.

Prácticas de Laboratorio:

No.1- Detección de gases de la atmósfera minera.

No. 2- Conimetría Minera.

No. 3- Psicrometría

Tema II. La Ventilación de las Minas

Objetivos:

Seleccionar los medios y métodos de ventilación de las obras mineras y de las obras de la defensa.

Contenido:

Generalidades.

Leyes fundamentales del movimiento del aire por las excavaciones mineras y por otros conductos. Regímenes de flujo. Corrientes libres. Resistencias aerodinámicas de los conductos de ventilación. Su activación. Orificios equivalentes de las resistencias aerodinámicas. Sus áreas. Asociación de resistencias aerodinámicas. Las curvas características de los ventiladores mineros. Activación de las curvas características de los ventiladores en

asociación. El tiro natural. Sus causas, efectos, curvas características que lo representan. Regulación y redistribución del aire en las minas y en las excavaciones para la defensa. Las filtraciones de aire en minas. Causas, efectos, monto. Lucha contra las filtraciones. Ventilación de excavaciones en ejecución. Medios y métodos de ventilación. Estudio de casos.

Evaluaciones:

Preguntas de control en clases

Clases prácticas:

No.1- Cálculo de resistencias aerodinámicas de distintos tipos.

No.2- Cálculo de la resistencia aerodinámica resultante de las asociaciones en serie, paralelo y diagonal. (Problemas de redes de ventilación)

Tema III. El Control de la atmosfera minera

Objetivos:

Caracterizar el estado de la ventilación de una mina, de un sistema de excavaciones para la defensa, o de alguna(s) de sus partes, y elegir las alternativas de solución de sus problemas detectados.

Contenido:

Levantamientos multimétricos (anemométricos, flujométricos, psicométricos, depresiométricos, deprimométricos y otros).

Control de la composición del aire.

Control del estado de las excavaciones, instalaciones, medios de ventilación y e instrumentos de control, materiales y medios auxiliares.

Rudimentos de automatización del control de la ventilación.

Organización y planificación de las actividades de control. Registro, elaboración, conservación y utilización de los resultados de los trabajos de control.

Evaluaciones:

Clases prácticas, preguntas de control en clases

Clases Prácticas:

No.1- Anemometría y flujometría.

No.2 - Barometría y Barografía.

No.3 - Levantamiento multimétrico.

No.4 - Levantamiento multimétrico.

Tema IV. Proyectos de Ventilación

Objetivo:

Proyectar la ventilación de una mina, de un sistema de excavaciones para satisfacer otras necesidades de la sociedad, o de alguna(s) de las partes del sistema de excavaciones.

Contenido:

Proyectos de ventilación para la apertura, preparación, explotación y cierre de una mina.

Esquemas de ventilación general de minas y de sistemas de excavaciones para satisfacer otras necesidades de la sociedad.

Métodos de ventilación general de minas.

Métodos de ventilación de otras excavaciones.

Determinación de los regímenes de trabajo de los medios de ventilación general.

Parte económica de los proyectos de ventilación general.

Evaluaciones:

Preguntas frecuentes en clases.

Dos CP y evaluación de la parte de Ventilación del Proyecto de Construcción Subterránea.

Clases Prácticas:

No.1- Elaboración de una versión simplificada del plano general de ventilación de una mina.

No.2- Elección de métodos, medios, tipo de asociación y régimen de trabajo de los medios de ventilación elegidos para el caso asignado.

Sistema Evaluativo

Preguntas de control en clases.

Clases práctica.

CAPÍTULO II GUÍA PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIOS

Tema I: La Atmósfera Minera

Práctica de laboratorio # 1

Control de los parámetros del microclima minero

Objetivo

Aprender a medir los parámetros microclimáticos en las excavaciones mineras y locales de trabajo en la cámara microclimática con diferentes instrumentos de medición, así como aplicar los valores que se corresponden en las normas sanitarias.

Introducción

Climatología minera es un conjunto de las condiciones propias de un determinado clima de minas como la humedad relativa, velocidad, temperatura y la capacidad de refrescamiento del aire. Para lograr condiciones favorables y confortables en la mina, se necesita realizar las mediciones de las mismas con la ayuda de termómetro, catatermómetro, psicómetro, anemómetro.

Tareas de la Práctica

Medir los valores de temperatura y humedad relativa y compararlos con los parámetros normativos del microclima en las excavaciones mineras, estudiar el campo de aplicación y principio de trabajo de los instrumentos utilizados.

Realizar el análisis de los resultados obtenidos.

I- Descripción de la instalación

La instalación representa una cámara climática con dimensiones 800 x 400 x 250mm.

En la cámara climática medimos la temperatura y humedad relativa del aire con el psicómetro 2, la velocidad del movimiento del aire a la entrada y salida de la

cámara mediante dos anemómetros tipo ACO-3; la capacidad de enfriamiento de la atmósfera con el catatermómetro. La variación de los parámetros atmosféricos en la cámara climática en amplios límites se logra con la ayuda del calentador, el recipiente con agua y el ventilador.

Los parámetros microclimáticos en la cámara se miden en tres regímenes:

1. Con el ventilador desconectado.
2. Con el ventilador conectado.
3. Con el ventilador conectado y el agua caliente en el segundo recipiente.

II – Medidas de seguridad durante la práctica

1. Revisar la tierra de la instalación de laboratorio.
2. No realizar mediciones hasta que el agua en los 2 recipientes, esté hirviendo
3. No conectar simultáneamente el calentador y el ventilador.
4. El agua en el recipiente siempre debe estar por encima de la línea del calentador.
5. No echar agua en el recipiente con el calentador conectado.
6. Después de realizar las prácticas se debe desconectar la instalación y secar las partes mojadas en caso de ocurrir.

III – Orden de realización de las prácticas

- se revisa el nivel de agua en el primer recipiente y se conecta el calentador, (se calienta el agua hasta 60 – 70 °C, la temperatura del agua se controla por el termómetro.

A. Con el ventilador desconectado

1. Medir la humedad relativa del aire en la cámara climática. Para esto es necesario: a) Sacar el psicrómetro primer sicrómetro del orificio de colocación, b) mojar con agua la camiseta del termómetro con ayuda de un gotero, c) llevar el resorte de acción del ventilador hasta su posición final, d) colocar el psicrómetro en el orificio de la cámara

climática. Luego de 4 – 5 minutos se realiza la lectura de T_s y T_h en los termómetros (seco y húmedo), y mediante la carta psicrométrica o mediante tablas se determina la humedad relativa del aire. Estos datos se llevan a la tabla 1.

2. Medir la capacidad de enfriamiento de la atmósfera en la cámara climática: a) Sacar de su orificio el catatermómetro, b) Colocar el bulbo del catatermómetro en el recipiente el primer recipiente que tiene agua caliente hasta que el alcohol ocupe 1/3 del volumen del bulbo superior, c) Sacar el catatermómetro del recipiente y tener cuidado de no ventilar el bulbo, d) colocar el catatermómetro en el orificio de la cámara climática y observar durante el enfriamiento, e) con ayuda de un cronómetro se determina el tiempo de enfriamiento del bulbo del catatermómetro desde 38 hasta 35 °C, f) Calcular el efecto de enfriamiento de la atmósfera por la formula. $H = F / T$ Donde: F factor, este valor se indica en el reverso del catatermómetro. T Tiempo de enfriamiento del bulbo desde 38 hasta 35 °C.

3. Escribir la lectura de la presión (P) del barómetro en la tabla 2.

B. Con el ventilador conectado

1. Conectar el ventilador.
2. Medir la humedad relativa y escribir los resultados en la tabla # 1.
3. Medir el efecto de enfriamiento de la atmósfera (escribir los resultados en la tabla 1).
4. Medir la velocidad de movimiento del aire en la cámara con el anemómetro de paletas. Para esto es necesario:
 - a. Escribir en la tabla 2 los valores iniciales indicados en el anemómetro L_i .
 - b. Conectar simultáneamente el contador del anemómetro y el cronómetro. Luego de 100 segundos se desconectan simultáneamente ambos instrumentos.

- c. Escribir las indicaciones del contador L_f en la tabla 2.
 - d. Calcular las indicaciones del contador por la fórmula:
$$n = (L_f - L_i) / t.$$
 - e. Con ayuda de la carta de calibración del anemómetro y con el valor calculado de n se obtiene la velocidad de movimiento del aire en la cámara.
5. Escribir en la tabla 2 las indicaciones del barómetro.
 6. Desconectar el ventilador.

Con el ventilador conectado y el agua caliente en el recipiente

1. Revisar el nivel de agua en el segundo recipiente y mediante el botón (se conecta el calentador). Calentar el agua hasta 80-90 °C y luego desconectar el calentador. La temperatura del agua se controla por el termómetro.
2. Conectar el ventilador.
3. Medir la humedad relativa del aire en la cámara climática.
4. Medir el efecto de enfriamiento de la atmósfera en la cámara climática.
5. Medir la velocidad de movimiento del aire a la entrada y salida de la cámara y calcular su valor.
6. Escribir en la tabla 2 las indicaciones del barómetro.
7. Desconectar el ventilador.

Ver anexo 2 Tablas 2 y 3

IV – Conclusiones

V – Bibliografía

Práctica de laboratorio # 2

El control del polvo en las excavaciones mineras.

Objetivo

Caracterizar el comportamiento del polvo en las excavaciones mineras, Calcular las concentraciones y plantear las medidas pertinentes para su mitigación.

Introducción

En las minas una parte del polvo formado durante la extracción del mineral, parcialmente se mantiene suspendido en el aire, en tanto que otra parte se precipita sobre el suelo y paredes de las excavaciones por lo que para su eliminación en el desarrollo de la protección del trabajo y la ventilación de minas como ciencias, se han realizado investigaciones dirigidas a garantizar las condiciones higiénico sanitarias en las excavaciones y en los frentes de trabajo mediante la ventilación, una parte considerable de las investigaciones han sido dirigidas a la lucha contra el polvo como en los trabajos de Mustel, Smetani, Gordon, Kirin, Medviedev y otros.

Tareas de la Práctica

Medir las concentraciones de polvo en los puestos de trabajo e interpretar los resultados.

Explicar los métodos y medios de lucha contra el polvo existentes para su mitigación a partir de los resultados obtenidos.

Desarrollo de la práctica

Los estudiantes deben preparar los filtros para lo cual emplearán el método ponderal (diferencia de peso entre el filtro limpio y el filtro cargado con polvo) para ello emplearán la balanza analítica y desarrollarán las técnicas de pesado.

Una vez conocido el peso de los filtro se colocaran en la instalación serán expuestos a la corriente de aire con polvo y se tomara el tiempo de exposición. Por otro lado se registrara la velocidad del aire que circula por el modelo, al mismo tiempo se tomaran las muestra del polvo que se distribuye por las bandejas de

captación del modelo, con lo cual se sabrá la distribución de la precipitación coniótica por la longitud de la instalación.

Para la toma de polvo en las excavaciones se empleará el AERA, que es un instrumento de fabricación rusa, para ello el filtro pesado se coloca en el recipiente colector, posteriormente se coloca el investigador o alumno en la corriente de aire contaminada con polvo hace la lectura del cronómetro y abre la llave de accionamiento del AERA para hacer pasar un flujo de 6 l/min a través del filtro.

Por lo que conocido la diferencia de peso en los filtros, el flujo de aire por el filtro y el tiempo es posible determinar la concentración de polvo en el puesto de trabajo.

Velocidad de precipitación del polvo

El polvo suspendido en el aire bajo la influencia de la fuerza de gravedad precipita en dependencia de las dimensiones y de la forma de las partículas, cuanto mayor es la densidad del polvo más grande será la velocidad de precipitación.

La velocidad de precipitación de las partículas de polvo de forma esférica puede determinarse teóricamente por la fórmula de Stokes (1).

$$V_2 = \frac{1}{18} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\mu_0} \right) g d_p^2 \quad (1)$$

Donde:

ρ Densidad del polvo y el aire.

ρ_0 Viscosidad del medio.

g Aceleración libre de la gravedad.

d_p Diámetro de la partícula de polvo.

μ_0 Viscosidad cinemática del aire.

La velocidad de precipitación de las partículas tiene gran significado para el cálculo de la trayectoria de las partículas suspendidas en el flujo de aire, la determinación de la distancia de propagación de la nube de polvo desde la fuente de formación y durante el cálculo de las cámaras de precipitación y otros medios de lucha contra el polvo.

Las partes de que consta la instalación de ensayo tienen las siguientes dimensiones y se hace con los siguientes materiales. Ver anexo 3 Tabla 4.

Stokes obtuvo teóricamente la fórmula para determinar la velocidad de precipitación de una partícula esférica (8), si la precipitación ocurre en un medio gaseoso la fórmula toma la siguiente forma:

$$V_p = \frac{\rho g}{18\mu} d_p^2 \quad ; \text{m.s}^{-1} \quad (2)$$

Para la determinación de la velocidad de precipitación de una partícula en el medio inmóvil, a partir de las dependencias criterioales, para cualquier régimen de precipitación se realizará del modo siguiente:

Se determina el criterio de Arquímedes:

$$Ar = \rho \rho_0 g d^3 \quad (3)$$

A partir del valor del criterio Ar se determina el criterio Re o el criterio Ly, fig. 8

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{V_p^3 \rho_0^2}{\mu_0 \rho g} \quad (4)$$

$$Ly = \frac{\rho_0^2 V_p^3}{\mu_0 \rho g} \quad (5)$$

Después se calcula la velocidad de la precipitación

$$V_p = \frac{Re \mu_0}{\rho_0 d} \quad (6)$$

o

$$V_p = \sqrt[3]{\frac{Ly \mu_0 \rho g}{\rho_0^2}} \quad (7)$$

Para partículas de forma irregular la velocidad de precipitación se determina a partir del criterio de Lyaschenco, con la introducción en el criterio de Arquímedes de la magnitud deq.

$$d_{eq} = \sqrt{\frac{6}{\pi} V} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho_\pi}}; \quad \mu m \quad (8)$$

Donde

M - masa de la partícula.

V - Volumen de la partícula. $Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{V_p^3 \rho_0^2}{\mu_0 \rho g} \quad (9)$

$$Ly = \frac{\rho_0^2 V_p^3}{\mu_0 \rho g} \quad (10)$$

Después se calcula la velocidad de la precipitación

$$V_p = \frac{Re \mu_0}{\rho_0 d} \quad (11)$$

o

$$V_p = \sqrt[3]{\frac{Ly \mu_0 \rho g}{\rho_0^2}} \quad (12)$$

Para partículas de forma irregular la velocidad de precipitación se determina a partir del criterio de Lyaschenco, con la introducción en el criterio de Arquímedes de la magnitud deq.

$$d_{eq} = \sqrt{\frac{6}{\pi} V} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho_\pi}}; \quad \mu m \quad (13)$$

Donde

M - masa de la partícula

V - Volumen de la partícula

En la parte experimental se obtiene la velocidad real de precipitación de las partículas de polvo por la relación:

$$V_p = \frac{H}{T} ; \quad (m/seg) \quad (14)$$

Donde:

H - altura de precipitación en la torre.

T - tiempo de caída.

Obtenidos los valores reales y teóricos de la velocidad de precipitación del polvo calculamos el coeficiente de correlación de las velocidades por la fórmula (39) que nos permita plantear.

$$K = \frac{V_R}{V_t} \quad (15)$$

Fórmula para el cálculo de la velocidad real de precipitación del polvo según Stokes.

$$V_R = K V_t \quad (16)$$

o

$$V_R = \frac{K \rho g}{18\mu} d^2 ; [m/seg] \quad (17)$$

Velocidad crítica del aire para la precipitación del polvo en suspensión

Numerosas investigaciones realizadas en minas de carbón, sal, esquistos y otros minerales han demostrado que gran parte de las partículas de polvo suspendida en una corriente de aire se separan cuando esta alcanza un valor crítico de su velocidad de movimiento. Los resultados de esas investigaciones permitieron pronosticar con suficiente exactitud las zonas en que se deposita el polvo producido en los frentes de

arranque o de trabajo en la excavación, que es arrastrado por las corrientes de ventilación.

Los resultados de estas investigaciones son ampliamente utilizados en los métodos de lucha contra el polvo basados en la ventilación despolvORIZANTE.

El cálculo de la concentración se realiza por la fórmula:

$$\eta = \frac{(p_f - p_i)}{G \cdot t} 1000; (mg \cdot m^{-3}) \quad (18)$$

Donde:

N - concentración de polvo, $mg \cdot m^{-3}$

P_i - peso final del filtro, mg

P_f - peso inicial del filtro, mg

G - gasto de aire en el filtro, $l \cdot min^{-1}$.

t - tiempo de medición

Para la determinación de la distribución de la concentración de polvo por el modelo utilizamos las expresiones analíticas para determinar la concentración por la altura de la excavación partiendo de la expresión:

$$\eta = \eta_o e^{-\frac{v_p z}{D_t}} \quad (19)$$

Donde:

η_o - concentración del polvo en el piso de la excavación.

v - Velocidad de precipitación de las partículas de polvo según el eje y.

D_t - coeficiente de difusión turbulenta.

$$D_t = 0,044 \nu R_e^{0,75} \quad (20)$$

Donde:

ν - coeficiente de viscosidad cinemática del aire

$m^2. seg^{-1}$

Re- número de Reynolds para la corriente de aire.

Para el caso de las partículas de las fracciones más finas, del rango de 1 a 20 μm , que constituyen el mayor peligro por su permanencia en suspensión el mayor tiempo su concentración por la excavación.

El valor medio de precipitación se calcula por la expresión:

$$V_{med.} = \frac{V_{max.} + V_{min.}}{2} \quad (21)$$

Donde:

$V_{max.}$ - máxima velocidad de precipitación.

$$V_{max.} = 1,01 \times 10^{-4} d^2. \quad (22)$$

$V_{min.}$ - mínima velocidad de precipitación.

$$V_{min.} = 2,33 \times 10^{-6} d^2 \quad (23)$$

d - diámetro de las partículas en μm .

Ver anexo 4 Fotos 1 ,2 y 3 Instalación aerodinámica para medir el polvo en excavaciones mineras.

Métodos y medios de lucha contra el polvo

Durante los procesos de explotación de los recursos minerales se producen grandes cantidades de contaminantes, como gases, polvos, etc. El polvo por el

daño que provoca debe ser parcial o totalmente eliminado utilizando los diversos métodos de lucha en dependencia de las propiedades de cada tipo de polvo y de las características ambientales y de generación.

Entre los principales métodos de lucha contra el polvo se encuentran los siguientes:

1. Perfeccionamiento de la tecnología de arranque (perfeccionamiento del método de explosión).
2. La ventilación despolvorizante.
3. La rociadura con agua.
4. La inyección con agua al macizo.
5. El empleo de espumas aeromecánicas.
6. El empleo del vapor.
7. El uso de medios individuales de protección.

Práctica de Laboratorio # 3

Trabajo con instrumentos utilizados para medir gases en las excavaciones mineras. (Interferómetro)

Objetivo

Crear en los estudiantes la capacidad para seleccionar y utilizar los instrumentos para realizar el control (medir los gases), así como interpretar los resultados y tomar las medidas necesarias que aseguren el cumplimiento de las normas sanitarias.

Introducción

Durante el laboreo de las excavaciones y la explotación subterráneas de los yacimientos minerales, se pueden producir emanaciones de gases diferentes por su origen y efecto, entre los que podemos citar, los gases nitrosos producto de las explosiones de sustancias explosivas, combinaciones de gas carbónico producto

de la combustión de sustancias combustibles, así como las emanaciones de metano entre otros; Algunos de estos gases son letales y otros son combustibles.

Por lo que resulta de vital importancia para mantener las condiciones de seguridad e higiénico sanitarias en los frentes de trabajo u otros espacios subterráneos, el correcto control de estos gases según las normas sanitarias vigentes.

Tareas de la práctica

Analizar el principio de funcionamiento y características del instrumento a utilizar en los experimentos durante la práctica. (Interferómetro)

Determinar la concentración de grisú en la atmosfera minera

Determinar la concentración de gas carbónico en el aire minero

Orden de realización de la práctica de laboratorio

Para la correcta realización de la práctica y el cumplimiento de los objetivos propuestos se debe cumplir el siguiente orden:

1. Preparación individual del estudiante para la práctica, que incluye: estudiar en detalle la guía, así como los conocimientos teóricos de las conferencias y del libro de texto y las búsquedas realizadas en INTERNET.
2. Control de los conocimientos iniciales del estudiante necesarios para la realización de la práctica de laboratorio. (sólo después de aprobadas las preguntas de entrada se admite el inicio de la práctica de laboratorio).
3. Montaje del experimento y su realización.
4. Elaboración de los resultados de las mediciones y confección del informe.
5. Defensa del informe.

Desarrollo de la práctica:

El estudiante dará lectura a las instrucciones técnicas del interferómetro para minas IIK-11, las que se destinan para dar a conocer su principio de funcionamiento y establecen el orden a seguir para el uso de este aparato.

Empleo:

El interferómetro para minas IIIK-11 (fig.1) representa sí un aparato portátil, destinado para determinar la concentración del grisú y gas carbónico en el aire de las galerías ventiladas de las minas, donde la concentración máxima de gas carbónico se tolera hasta el 2% (por el volumen).

El aparato puede ser utilizado por el personal del servicio de vigilancia de las minas y de los sectores de extracción para controlar la atmósfera en el interior de la mina.

Además de esto, el aparato puede ser utilizado por el personal del servicio de vigilancia de las minas y de los sectores de extracción para controlar la atmósfera en el interior de la mina.

Además el aparato puede ser utilizado para determinar la concentración del gas carbónico de hasta el 6 % (por el volumen con multiplicación de las indicaciones del aparato por el coeficiente de corrección igual a 0,95 respecto a la graduación por la escala para el grisú).

Ver anexo 5 Foto 4 Interferómetro para minas IIIK-11:

- 1- Rácor para aspirar el aire de mina; 2- llave de distribución; 3- ocular;
- 4- Rácor con filtro para el tubo de la pera de goma; 5- pulsador "K" para desplazar la cámara de gas-aire a la posición (control); 6- pulsador "k" (conexión de la lámpara para la medición); 7- tapa del compartimiento para el cartucho absolvedor; 8- tornillo para desplazar la imagen de interferencia a la posición cero.

Datos técnicos:

- 1- Límites de medida:

Concentración del grisú (CH_4) de 0 hasta 6 % (CO_2) por volumen;

Concentración de gas carbónico (CO_2) de 0 hasta 6% (por el volumen).

- 2- Límite de error absoluto principal de medida del aparato $\pm 0,2\%$ CH_4 (por el volumen) o CO_2 (por el volumen) a temperatura de $(20 \pm 2) ^\circ C$ y presión 1013 hPa (760 mm c.Hg) $\pm 10,7$ hPa (8 mm c.Hg).
- 3- El aparato es concebido para trabajar en condiciones de fluctuación de la temperatura del medio ambiente de $-10^\circ C$ hasta $40^\circ C$ y presión atmosférica de 960 hPa (720 mm c. Hg) hasta 1067 hPa (800 mm c.Hg).
- 4- Dimensiones exteriores, mm, no más: longitud – 115, anchura – 54, altura – 184.
- 5- Masa del aparato sin el estuche 1,45 kg, no más.
- 6- Tiempo de determinación del contenido de grisú y gas carbónico – 0,5 min.
- 7- Versión del aparato - seguro contra la formación de chispas, para minas (PO, K).
- 8- El diseño del aparato asegura la instalación automática de la cámara de gas – aire desde la posición (Control) en la posición (Medición); la instalación en la posición cero de la imagen de interferencia con ayuda del tornillo micrométrico directamente en la mina.

Composición del artículo:

Interferómetro para minas IIK-11

Estuche

Descripción técnica e instrucciones para el uso

Formulario

Juego de repuestos y accesorios de acuerdo con la lista de RHA

Cajón para el juego de RHA

Cajón de colocación Tomamuestras

Determinación de la concentración de grisú en el aire de la mina

Para determinar el contenido del grisú hay que colocar la llave de distribución 2(fig.1) en la posición CH_4 . Apretando tres veces la pera de goma la prueba de aire de la mina pasa por el rácor 1 o el tubo de goma, puesto en este rácor se trasiega por el aparato. Si el aire de la mina tomado

por el aparato contiene grisú, entonces la imagen de interferencia se desplazará hacia la derecha a lo largo de la escala. Observando por el ocular, por la posición desplazada de la franja negra de la imagen de interferencia, se efectúa la lectura de las divisiones de la escala y el resultado se expresa con una precisión de hasta 0,1 %.

Para volver a repetir la determinación del contenido de grisú el aparato no requiere preparación previa, debido a que al purgar tres veces con la pera la línea de gas la prueba anterior ha sido expulsada por completo del aparato y se llena por otra nueva.

Nota: Durante la determinación de las concentraciones de los gases las indicaciones del aparato se deberán reducir a condiciones de 20°C y 1013 hPa (760 mm c.Hg). Fórmula para reducción: $I_{red} = I$

Elaboración del informe

Conclusiones

Bibliografía

Tema II. Ventilación de las Minas

Práctica de laboratorio # 1

Cálculo de resistencias aerodinámicas

Objetivo

Desarrollar en los estudiantes las habilidades de medición de la depresión, los coeficientes de la resistencia aerodinámica y local, así como conocer los aparatos e instrumentos utilizados para esta actividad.

Introducción

Durante el funcionamiento de las minas, con el tiempo la resistencia de las distintas excavaciones mineras y de la red de ventilación en su conjunto varia y como consecuencia la afluencia del aire al lugar donde se necesita, por eso en las

minas se debe de realizar sistemáticamente levantamientos aerométricos – depresiométricos con el objetivo de controlar la depresión de las excavaciones mineras y de los parámetros de funcionamiento de los ventiladores de ventilación parcial y principal , determinar la resistencia aerodinámica de las distintas excavaciones y de la red de ventilación en su conjunto . También distribuir y suministrar aire a los frentes y puestos de trabajo. A partir de los resultados de los levantamientos se elaboran medidas para mejorar los frentes de arranque, de preparación y las cámaras de servicio.

Tareas de la práctica

Estudiar los métodos de medición de la depresión.

Medir la depresión estática, total y cinética.

Medir la depresión en un circuito de excavaciones por sectores.

Orden de realización de la práctica de laboratorio

Para la realización exitosa del trabajo en correspondencia con los objetivos propuestos se propone el siguiente orden:

1. Preparación individual para la próxima clase que incluya estudiar con atención a esta guía y también los conocimientos teóricos de las conferencias.
2. Control del nivel de conocimientos iniciales (el estudiante debe de contestar a las preguntas del profesor; después de lo cual se le admite en la práctica);
3. Montaje del esquema y realización de las mediciones;
4. Tratamiento de los resultados de las mediciones y confección del informe.
5. Defensa del informe.

Preparación individual

El objetivo de la preparación individual de los estudiantes para la próxima clase consiste en lo siguiente:

- Familiarización con la instalación.
- Familiarización con el carácter en que actúa la acción de la presión en el flujo de aire.
- Comprensión el principio de funcionamiento del micro-manómetro.
- Saber la metodología de medición de las depresiones total, estática y dinámica.
- Efecto de la depresión dinámica y estática en el flujo de aire.

Desarrollo de la práctica

Según la ley de Pascal la presión estática PE en la corriente actúa en todo el plano, incluyendo las paredes laterales de los conductos de aire y la superficie del cuerpo. La magnitud de la estática en todos los puntos de la sección transversal del flujo es la misma. La presión dinámica (cinética) Pd actúa solo sobre las superficies que solo están situadas transversalmente al flujo de aire. La magnitud Pd en diferentes puntos de la sección transversal del flujo de aire no es la misma y depende de la velocidad de movimiento del aire en el punto. La presión total Pt es igual a la suma algebraica de la presión estática y dinámica.

Para medir la presión se utilizan tubos vacíos con agujeros (Tubos de Pitot). Si el plano de los agujeros receptores se dispone paralelo al flujo, entonces registra la presión estática y si están perpendiculares al flujo la presión total.

La diferencia de presión entre dos puntos (dos secciones) se denomina depresión o compresión. Su magnitud es Pascal o milímetros de la columna de agua. La diferencia de presiones estática se denomina depresión estática, la diferencia de presiones cinéticas, depresión cinética (carga cinética) presión dinámica. La diferencia de presiones totales, depresión total.

Metodología de medición de la depresión estática, total y dinámica

La ecuación de Bernoulli para un conducto horizontal puede ser escrita en la forma:

$$P_1 - P_2 \pm K_1 \frac{\gamma_1 V_1^2}{2g} - K_2 \frac{\gamma_2 V_2^2}{2g} = h \quad (24)$$

Donde:

$P_1 - P_2$ - Es la diferencia de presiones estáticas h_e 1-2 del aire en las secciones I – II

$K_1 \frac{\gamma_1 V_1^2}{2g} - K_2 \frac{\gamma_2 V_2^2}{2g} = h$ - Es la diferencia de presiones dinámicas h_d en las secciones I – II

K_1 y K_2 - Son coeficientes que consideran la irregularidad de la distribución de la velocidad del aire en las secciones I- II. (La diferencia de los valores de los coeficientes K_1 y K_2 se desprecia)

V_1 y V_2 – La velocidad media del movimiento del aire en las secciones I y II (m/seg).

γ_1 y γ_2 - Densidad del aire en las secciones I Y II (Kg / m^3).

g – Aceleración de la caída libre; (m / s^2).

En dependencia de cual boquilla de conexión del tubo de Pitot se conecta al micromanómetro, se obtienen diferentes resultados de las mediciones. Para medir la magnitud de la depresión estática h_e entre la atmósfera exterior P_{ee} y la interior P_e del conducto de aire es necesario conectar un extremo del depresiómetro al mismo nivel con la pared del conducto de aire aspirante o la boquilla de conexión del tubo de Pitot con signo “ - ” conectarla con la manguera de la boquilla del micromanómetro con signo “-”.

Entonces en correspondencia con la expresión.

$$h_E = -(h_{EN} + k_R + h_{CK}) \quad (25)$$

El signo menos antes del paréntesis en la expresión muestra, que la presión dentro del conducto de aire es menos que la expresión en el exterior.

Donde:

h_{EN} – Pérdida de presión para vencer la resistencia de entrada a la tubería .

h_R – Pérdida de presión para vencer la resistencia del conducto de aire desde la entrada hasta la sección medida.

h'_{CK} - Enrarecimiento creado por el movimiento del aire y que depende de la velocidad media V_m de movimiento del aire en la sección medida. (Fuera de la tubería $V=0$)

$$h'_{CK} = \frac{\gamma V_m^2}{2g} \quad (26)$$

La densidad del aire se determina de la expresión.

$$\gamma = 0,461 \frac{B}{273+T} \quad (27)$$

Donde:

B – Presión barométrica en mm de la columna de mercurio

T – temperatura de aire en °C

La depresión total se mide, si un extremo del deprimómetro se dobla en ángulo recto se introduce en el conducto de aire y el otro se deja abierto o la boquilla de conexión del tubo de Pitot con el signo “+” se conecta mediante una manguera con la boquilla de conexión con signo “-” del micromanómetro.

$$h_T = -(h_{EN} + h_R + h'_{CK}) + h_d \quad (28)$$

Donde:

H_d – carga cinética en el punto, en el que está instalado el terminal del tubo de Pitot y la velocidad será igual a V_T .

$$h_d = \frac{V_T^2 \gamma}{2g} \quad (29)$$

Para medir la carga cinética es necesario conectar la boquilla de conexión del tubo de Pitot con el signo "+", con la boquilla de conexión del micromanómetro con el signo "+" y la boquilla con el signo "-" con el tubo de medición (la boquilla con el signo "-" del micromanómetro) o un extremo del depresiómetro al nivel de la pared de la pared de la conductora de aire y el otro doblado con un ángulo de 90 grados al encuentro de la corriente de aire . Con esta conexión se mide la carga cinética en aquel punto, en que está instalado el extremo doblado del depresiómetro o el terminal del tubo de Pitot, ya que la velocidad de la corriente de aire no es la misma.

$$h_d = h_T - h_{est} \quad (30)$$

Al realizar los levantamientos depresiométricos se mide por sectores la depresión estática, las pulsaciones de la cual en el tiempo no son grandes. Para medir la depresión estática de un sector horizontal es necesario que las boquillas con el signo "-" del tubo de Pitot, que se colocan en las secciones I y II se conecten al micromanómetro. En correspondencia con la ecuación de Bernoulli para las secciones I y II :

Para el método aspirante de ventilación

$$h_u = (h_{E2} - h_{E1}) + \left(\frac{\gamma_1 V_1^2}{2g} - \frac{\gamma_2 V_2^2}{2g} \right) \quad (31)$$

Para el método soplante de ventilación

$$h_u = (h_{E1} - h_{E2}) + \left(\frac{\gamma_1 V_1^2}{2g} - \frac{\gamma_2 V_2^2}{2g} \right) \quad (32)$$

Si $V_1 = V_2$ y $\gamma_1 = \gamma_2$, entonces para la conexión señalada de los tubos de Pitot y del micromanómetro se mide directamente la depresión que se pierde en vencer la resistencia de la excavación (conductora de aire) al moverse por ella el aire.

Dispositivo de medición:

La instalación aerodinámica consiste en un modelo de dos excavaciones mineras conectadas en paralelo. Ver anexo 6 Foto 5

El ventilador centrífugo (V) es el que pone en movimiento el aire en el modelo, el cual se conecta y desconecta mediante el botón de arranque (P).

El gasto de aire en el modelo se regula mediante las compuertas C_1 y C_2 . El gasto de aire en el modelo se determina por la magnitud del enrarecimiento cinético, que se mide en el colector (K) de una sección de $0,0021 \text{ m}^2$, también por la magnitud de la presión cinética en los puntos. Para medir la depresión estática $h_{(e)}$ están colocados los captadores de presión estática (CPE) en los puntos 1, 6 y 9. La depresión total se mide mediante los tubos de presión total (TPT), instalados en los puntos 4 y 7 y los TPT (puntos 5 y 8) situados en las secciones $A_1 T_1$ y $A_2 T_2$. Todos los captadores de presión están conectados mediante mangueras con tubos de empalme con el número correspondiente.

Ver anexo 7 Tabla 5 Parámetros de la fortificación de la instalación aerodinámica

La depresión se mide con el micro-manómetro (M), conectado mediante mangueras a los tubos de empalme 1- 10, situados en el panel de mando.

Ver anexo 8 Foto 6 Esquema de la instalación aerodinámica.

$A_1 T_1$ – Tubería aerodinámica 1

A₂ T₂ – Tubería aerodinámica 2

K – Colector

CPE – Captadores de presión estática

TPT – Tubo de presión total

C₁ y C₂ – Compuertas 1 y 2

V - Ventilador

C₃ – Corredera

1 – 9 – Tubos de medición

1-10 – Tubos de empalme

M – Micro- manómetro

L – Longitud del sector (dimensiones de los sectores, M):

$l_1 = 0,03$; $l_2 = 0,10$; $l_3 = 0,10$; $l_4 = 0,04$; $l_5 = 0,13$; $l_6 = 0,46$; $l_7 = 0,08$; $l_8 = 0,25$; $l_9 = 0,17$; $l_{10} = 0,46$; $l_{11} = 0,80$; $l_{12} = 0,25$; $l_{13} = 0,45$.

Aparatos para la medición de la depresión.

Al realizar los levantamientos depresiométricos han tenido una gran aplicación los tubos de medición de aire – (Tubos de Pitot) .

El agujero central 1 del tubo está situado al encuentro del tubo y en él se registra la presión total Pt, y en el agujero ranurado 2 en la superficie lateral del terminal registra la presión estática Pe. Las presiones PT y PE por los tubos interiores 3 y 4 a través de los tubos de empalme de salida, que están marcados con los signos “+” y “-” por las mangueras se transmiten hacia el instrumento de medición.

Para medir la depresión se utilizan los deprimómetros y otros aparatos.

El depresi6metro consiste en un tubo de cristal en forma de U (figura 2b) lleno de agua que est1 fijado a una tablilla con una escala, que tiene una escala milim6trica. Los tubos del depresi6metro deben de ser paralelos, perpendiculares al plano horizontal y tener un di1metro interior igual. Al trabajar con el depresi6metro uno o ambos extremos de tubo se conectan mediante mangueras a aquellos lugares entre los cuales es necesario medir la diferencia de presiones. La lectura se toma por la rama izquierda y derecha. La depresi6n es igual a la suma de las lecturas. La exactitud de las lecturas es de 0,5 mm.

La depresi6n se mide con el micro-man6metro con una gran exactitud. Una de sus ramas consiste en un deposito ancho y el otro en un tubo de cristal estrecho, el cual para alargar la columna de l6quido, y por consiguiente una mayor exactitud de medici6n, se puede inclinar con diferentes 1ngulos respecto a la horizontal fijados de antemano. Cuando se trabaja con el micro-man6metro la lectura se toma solamente en el tubo inclinado, la variaci6n del nivel del l6quido en el dep6sito se desprecia (pr1cticamente el no var1a, ya que el 1rea de la secci6n del dep6sito es mayor que el 1rea de la secci6n del tubo varios cientos de veces). Los micro-man6metros se llenan de alcohol.

Los micro-man6metros se conectan al espacio en el que se mide la diferencia de presi6n mediante mangueras y tubos de medici6n de aire (tubos de Pitot) de forma tal que en el tubo de cristal del micro-man6metro siempre se cree una presi6n menor, que en el dep6sito en caso contrario. El tubo de alcohol puede ser succionado hacia el dep6sito. El tubo de Pitot y las mangueras no es conveniente soplarlas con la boca, ya que en ellas se produce la condensaci6n de la humedad y cuando hay gran cantidad de esta se puede formar un tap6n que obstaculiza la transmisi6n de la presi6n.

Realizaci6n de las mediciones en la instalaci6n aerodin1mica del laboratorio.

La depresi6n se mide por un grupo de 2-3 personas en la instalaci6n aerodin1mica (Fig. 1). Es necesario medir la depresi6n est1tica en los puntos 4 y 7, la depresi6n

total en los puntos 5 y 8. Después se miden la depresión estática en ambas excavaciones paralelas ($A_1 T_1$ y $A_2 T_2$). La presión atmosférica y la temperatura del aire se miden en el laboratorio con un barómetro y un termómetro.

Tratamiento de los resultados de las mediciones.

La presión medida con el micromanómetro se calcula por la fórmula 1 y se anota en la tabla 1. La depresión de los sectores se calcula por la fórmula 10. La pérdida de presión en el colector h_K (sector 0-1) se calcula por la fórmula 4. Para el caso concreto dado la fórmula toma la forma:

$$h_{estK} = h_K + h'_{dK} \quad (33)$$

El colector resulta una resistencia local.

$$h_K = \xi_K h'_{dK} \quad (34)$$

Donde

ξ_K - Es el coeficiente de resistencia local para el colector de forma rectangular con entrada hecha según el arco de la circunferencia es igual a 0,05.

Considerando 34 la fórmula 33 toma la forma siguiente.

$$h_{EK} = \xi_K h'_{CK} + h'_{CKk} = (1 + \xi_K) h'_{CKk} \quad (35)$$

Donde

$$h'_{CKk} = \frac{1}{1 + \xi_K} + h_{EK} \quad (36)$$

La depresión del colector de 34 considerando 36 será igual a:

$$h_K = \frac{\xi_K}{1 + \xi_K} h_{EK} \quad (37)$$

Según la depresión 36 la velocidad promedio de movimiento del aire a la entrada del conducto de aire será igual a:

$$V_K = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \frac{1}{1 + \xi_K} h_{EK}} \quad (38)$$

En otras secciones del conducto la velocidad promedio, cuando no hay pérdidas, se determina por el valor 5 y según 16. Los resultados se anotan en la tabla 1.

El informe del trabajo realizado debe de incluir

El encabezamiento

La introducción

La metodología de las investigaciones experimentales.

El esquema de la instalación aerodinámica

Los resultados de las mediciones y de los cálculos.

El análisis de los resultados

Las conclusiones.

El listado de la bibliografía.

Práctica de laboratorio # 2

Estudio de la influencia de los parámetros de la fortificación en el coeficiente de resistencia aerodinámico por fricción.

Objetivo

Fortalecer en los estudiantes los hábitos de medir la depresión y la resistencia aerodinámica e interpretar los resultados alcanzados, como continuidad del trabajo en la instalación aerodinámica en la que han realizado la práctica anterior.

Introducción

Es importante el estudio de la influencia de los parámetros de la fortificación en el coeficiente de resistencia aerodinámica pues en dependencia del tipo utilizado

puede aumentar la turbulencia del aire y la rugosidad de las paredes en la excavación lo que obstaculizará el paso de la cantidad de aire necesario para ventilar el frente de trabajo.

Tareas

1. Determinar el coeficiente de resistencia aerodinámico
2. Generalizar los resultados del estudio y determinar la influencia del coeficiente de resistencia aerodinámico del calibre longitudinal de la fortificación, en lo que concierne a la rugosidad. Comparar los datos obtenidos con los datos de la literatura.
3. Utilizar los valores y datos obtenidos para la solución de tarea de la producción (en el proyecto de Construcción Subterránea).

Orden de realización de la práctica

Para la exitosa asimilación del tema proponemos el siguiente orden de realización del trabajo.

1. Estudio individual para lo cual buscarán en las conferencias y en la literatura los aspectos relacionados con la metodología para la determinación del coeficiente de resistencia aerodinámica, los métodos de elaboración de los resultados de las mediciones, para la realización de la práctica, escribirán las fórmulas y prepararán las tablas.
2. Control de la preparación para la práctica.
3. Montaje del esquema y realización del experimento.
4. Elaboración de los resultados de las mediciones y formulación del informe.
5. Defensa del informe.

Desarrollo de la práctica:

Mecanismo de influencia de la fuerza de resistencia

La resistencia aerodinámica por fricción en las excavaciones se determina por la fórmula:

$$R = \alpha \frac{LP}{S^3} \quad (39)$$

Donde.

L- Longitud de la excavación, m

P- Perímetro de la sección transversal de la excavación; m

S – Área de la sección transversal de la excavación; m²

α - Coeficiente de resistencia aerodinámica; Kg. s². m⁻⁴

La depresión producto de la resistencia por fricción se calcula por la fórmula:

$$h = \alpha \frac{LP}{S^3} Q^2 \quad (40)$$

Donde

Q- Caudal de aire, m³. s⁻¹

El caudal se halla según la siguiente fórmula:

$$Q = V S \quad (41)$$

Como se observa de las fórmulas 1, 2 para la obtención de R y h para su cálculo es necesario conocer los parámetros de la excavación y la magnitud del coeficiente de resistencia aerodinámico (α) y los factores de que depende. El valor de α varia para las condiciones concretas de $2 \cdot 10^{-4}$ a $200 \cdot 10^{-4}$ y más.

La magnitud del coeficiente α depende de la rugosidad de la excavación, número de Reynolds Re, la densidad del aire y otros factores. Es conocido que para superar la resistencia aerodinámica de la excavación, para el movimiento del aire se consume energía externa. La resistencia fundamental al movimiento del aire es producida por las irregularidades de la superficie de la excavación y los elementos de la fortificación.

En las excavaciones, fortificadas con cuadros de fortificación, la corriente de aire hace presión en los elementos de fortificación, como resultado la parte frontal del elemento percibe la acción dinámica:

El calibre longitudinal de la fortificación es la relación entre el espesor de la fortificación o altura que sobresale de las paredes de la excavación con la distancia entre cuadros vecinos.

$$\Delta = \frac{l}{H} \quad (42)$$

La resistencia depende también de la rugosidad relativa.

$$\varepsilon = \frac{H}{D} \quad (43)$$

Donde:

H – Altura saliente.

D - Diámetro hidráulico de la de la excavación.

Cuanto mayor sea la magnitud de ε , mayor será el valor de α y Re.

Los valores del coeficiente α se determinan experimentalmente en instalaciones de laboratorio o en condiciones naturales.

Tomando en cuenta los criterios de semejanza geométricos y aerodinámicos, el coeficiente α determinado en modelos y en condiciones de producción son iguales.

Metodología para determinar el coeficiente de resistencia aerodinámica.

Para determinar el coeficiente α en el sector de excavación seleccionado es necesario medir la cantidad de aire pasante Q, la depresión del sector h, su

longitud L , área S y perímetro P de la sección transversal de la excavación, y entonces calcular por siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{h S^3}{L P Q^3} \quad (44)$$

Realización de las mediciones

Las mediciones se realizan por equipos de 2 ó 3 estudiantes, para determinar la cantidad de aire, en el sector de trabajo, se mide la magnitud h_{EK} en el colector.

Se mide la depresión en 3-4 (la puerta II está cerrada) o en el sector 6-7 (la puerta I está cerrada), seguidamente se realizan 3 ó 4 mediciones para diferentes caudales de aire, para lograr diferentes caudales se mueven la compuerta I, se mide en 3-4 o en la II y se mide en 6-7.

También es necesario medir la temperatura y la presión barométrica del aire.

Elaboración de los resultados

Para obtener los valores de la medición de la depresión se utilizan las formulas ya conocidas. El caudal Q que llega al sector de trabajo es el mismo que pasa por el colector y se determina por:

$$Q_K = V_K S_K \quad (45)$$

$$\gamma = 0,461 \frac{B}{273 + T} \quad (46)$$

$$V_K = \sqrt{\frac{2g}{\gamma_1} \frac{1}{1 + \xi_K} h_{EK}} \quad (47)$$

Los valores de α determinados en cada experimento no deben diferenciarse en más 5 %.

Cada equipo debe, a partir de los datos, calcular los valores de α y su relación o dependencia del calibre longitudinal de la excavación (Δ).

Se deben elaborar las tablas I y II y el gráfico.

Ver anexo 9 Tabla 6

Práctica de laboratorio # 3

Determinación la influencia en el coeficiente de resistencia local, de la forma de resistencia local y los parámetros de la fortificación.

Objetivo

Medir con el manómetro diferencial, elaborar los resultados y determinar y analizar la influencia de los diferentes factores que afectan el coeficiente de resistencia.

Introducción

Todas las resistencias locales por cambios bruscos en la forma de la frontera de la corriente de aire provocan una disminución o ampliación del chorro con las fronteras rígidas de la resistencia local bajo la influencia de la fuerza de inercia del aire y la formación de un chorro libre. Entre las fronteras rígidas de la excavación y el chorro libre se forman zonas de estancamiento en la superficie de las corrientes.

Tareas de la práctica

1. Medir los valores de la depresión estática y dinámica.
2. Determinar el coeficiente de resistencia local.
3. Generalizar los resultados de la investigación y establecer la dependencia de coeficiente de resistencia local de su forma y parámetros de la fortificación; comprobar los resultados obtenidos con datos de la literatura.
4. Utilizar los valores obtenidos para la solución de trabajos de la producción (Proyecto de curso)
5. Defensa del informe.

Desarrollo de la práctica

La resistencia local. Mecanismo de acción de la fuerza de resistencia

Como resistencias frontales se relacionan, los estrechamientos súbitos, los ensanchamientos, las curvaturas o recodos y la bifurcación de excavaciones, las ventanas de ventilación y otros.

La energía que se gasta en la superficie, en forma de calor. Simultáneamente se produce la pérdida de energía de la corriente, como resultado de la masa de aire a través de la frontera del chorro libre.

$$R_{loc} = \xi \frac{\gamma}{2 g S^2} \quad (48)$$

Metodología para determinar el coeficiente de resistencia local

La depresión de la resistencia local.

$$h_{loc.} = \xi \frac{V^2 \gamma}{2 g} \quad (49)$$

V- Velocidad de movimiento antes y /o después de la resistencia local – m. S⁻¹

De la expresión anterior

$$\xi = \frac{2 g h_{loc}}{V^2 \gamma} \quad (50)$$

Para determinar el coeficiente de resistencia local es necesario medir la depresión en el sector de la resistencia local, le velocidad de movimiento del aire antes o después de la resistencia local y determinar la densidad del aire, y entonces con la formula indicada calcular el valor de ξ

Realización de las mediciones

Las mediciones se realizarán por grupos de 2-3 estudiantes, tendrán en cuenta el tipo de resistencia local que representa la instalación.

Para determinar la velocidad de movimiento del aire medirá la magnitud h_{EK} , en el colector. Determinará la depresión en el sector 2-3 (con la compuerta II cerrada) o en 1-6 (con la compuerta I cerrada). Realizará de 3 a 4 mediciones para distintos valores del gasto de aire. Cuando se realiza la medición en 2-3 el gasto de aire se controla con el ventilador y en el sector 1-6 con la compuerta II.

Además se mide la presión Barométrica y la temperatura.

La longitud del sector (tipo de fortificación por punto), parámetros de la fortificación, área y perímetro en el sector de trabajo. Los resultados de las mediciones y el cálculo de la velocidad, la cantidad de aire y la depresión del sector con la resistencia local se llevan a la tabla.

Elaboración de los resultados

Los valores de la magnitud de la depresión y del coeficiente de resistencia local se recogerán en tablas. Ver anexo 10 Tabla 7

Práctica de laboratorio # 3

Determinación del coeficiente de gasto y la distribución del aire en 2 excavaciones paralelas y unidas.

Objetivo

Determinar el coeficiente de gasto de aire y su distribución en varias excavaciones.

Introducción

Para el estudio de este tema se da una hora para la lección, una hora de laboratorio y 2 horas de trabajo independiente.

Tareas

1. Estudiar la determinación del coeficiente de gasto de aire.
2. Investigar la distribución de aire en dos excavaciones unidas en paralelo en dependencia de la resistencia del regulador.
3. Generalizar los resultados de la investigación y explicar las leyes de distribución del aire en el caso de uniones paralelas en dependencia del área transversal del regulador (ventana).
4. Realizar la elaboración de los resultados de las mediciones
5. Utilización de los conocimientos recibidos en la resolución de tareas de la producción.

Plan para la realización de los trabajos

Se propone el siguiente orden de realización de los trabajos.

1. Preparación individual para la tarea, durante la cual es necesario: Dominar la metodología de determinación del coeficiente de gasto y la distribución del aire en los modelos, estudiar cómo elegir en el modelo el lugar en que se mide la depresión para la determinación del gasto de aire en el modelo como tal y en sus partes, dominar la metodología de elaboración de los resultados de las mediciones, escribir en el cuaderno de la guía los principales aspectos del trabajo, fórmulas de cálculo tablas y gráficos.
2. Control del nivel de conocimiento de los estudiantes.
3. Instalación (Conectar, unir) los equipos de medición a la instalación aerodinámica y realizar las mediciones.
4. Elaboración de los resultados y hacer el informe.
5. Defensa del informe.

Desarrollo de la práctica

Metodología para la determinación del coeficiente de gasto y distribución del aire

La determinación del coeficiente de gasto de aire. La cantidad de aire Q ; que pasa por la excavación, habitualmente se encuentra mediante la medición de la velocidad media del aire v y la sección de la excavación.

Durante el control automático del gasto de aire en las minas y también en los experimentos en las instalaciones de laboratorio se mide la velocidad en punto. En este caso.

La velocidad media puede ser medida en una sección, cuya dimensión varíe respecto a la sección donde esté ubicado el equipo de medición. En este caso

El equipo que mide la velocidad habitualmente se coloca estacionario.

De tal forma, para determinar el coeficiente de gasto es necesario medir la velocidad del aire en cualquiera de las secciones determinadas de la excavación, la velocidad del aire en el punto de control y la sección de la excavación en el lugar donde se coloca el equipo de medición. El gasto de aire en ambas secciones debe ser igual.

Determinación de la distribución de aire. Para establecer la distribución del aire en las dos excavaciones unidas en paralelo, se mide el gasto de aire en las excavaciones paralelas o la cantidad general de aire Q_0 y el gasto en una de las excavaciones (por ejemplo con el empleo del equipo de medición de velocidad). De la condición de distribución del aire en 2 excavaciones paralelas unidas.

Para la determinación de la resistencia de una de las excavaciones (por ejemplo con ayuda de una ventana) el método para encontrar la distribución del aire no cambia.

Realización de las mediciones

1. Determinación el coeficiente del gasto. La medición se realiza por una brigada de 2 ó 3 de personas. Para la determinación del coeficiente de gasto se mide la magnitud de h_{stk} en el colector para la determinación de V_k y Q_o . Simultáneamente se obtiene la velocidad del aire en h_d 6-7 para encontrar a V_t . Las mediciones se realizan para el conducto cerrado I, por eso $Q_o = Q_t$. Se debe realizar 3 mediciones para diferentes gastos de aire regulados por la compuerta 2.
2. Determinación de la distribución de aire. Para la determinar el gasto de aire por las tuberías es necesario medir h_{stk} y h_d 6-7 para posiciones de la compuerta 1 (cerrando en 10, 20, 30, mm del sello y abierto) y totalmente levantado (elevado) la compuerta 2. Otra brigada realiza las mediciones para el caso de variaciones de la resistencia aerodinámica en los tubos A2T2 (5 posiciones de la compuerta 2) para una invariabilidad de la resistencia aerodinámica en los tubos A1T1 (Compuerta 1 abierta)

Además se mide la presión barométrica y la temperatura del aire. Los resultados de las mediciones se registran en las tablas dadas en los anexos 1 y 2.

Elaboración de los resultados

La magnitud original de la depresión media se determina por las formulas 1 y 2. La velocidad media en el colector (V_k) se calcula por la fórmula (17), en el punto de control $V_t - r$.

El valor de V_p se calcula por la fórmula (6)

El coeficiente de gasto K se determina por la fórmula (15). La cantidad total de aire, que penetra en el sistema se calcula por la velocidad de movimiento del aire en el colector y su sección por los tubos aerodinámicos por la fórmula (3). Los resultados de los cálculos se colocan en una tabla. Ver anexo 11 Tabla 8

El área de la ventana de ventilación S_o para los modelos aerodinámicos 2, 3 y 4 se determina por la expresión

En la instalación aerodinámica 1, para el tubo sin fortificar y con fortificación las formulas correspondientes son:

Los resultados de la variación de la cantidad de aire, que se mueve por excavaciones paralelas, en dependencia del área (resistencia) de la ventana, se representan en forma gráfica.

Después de elaborados los resultados se analiza y se hacen conclusiones. Los resultados del trabajo se presentan en un informe.

Tema III Control de la ventilación

Práctica de laboratorio # 1

Anemometría y flujometría

Objetivo

Lograr que los estudiantes aprendan a medir la velocidad y el flujo de aire en excavaciones mineras o túneles como una de las formas para realizar el control de la ventilación.

Tareas de la Práctica

- Estudiar los equipos que se utilizan para medir velocidad y flujo de aire (anemómetros y flujómetros). En el caso de los anemómetros se deben estudiar los anemómetros ACO-3 que son anemómetros de paleta destinado a bajas velocidades y los MC-13 que son de cazoletas destinado para mayores velocidades de la corriente de aire. También se emplearán los anemómetros tipo 950 instantáneos usado para exteriores que pueden registrar ráfaga de hasta 50 KM/h.

- Estudiar las características técnicas del flujómetro y las condiciones necesarias para su empleo.

Orden de realización de realización de la práctica

- Se realizará el estudio de las características técnicas de cada tipo de anemómetros, régimen de trabajo, condiciones de empleo, modo de registrar las mediciones. Ajustes técnico y calibración.
- Elaboración de los documentos de registro.
- Realización de las mediciones.
- Elaboración de los resultados
- Tratamiento estadístico de los resultados y representación gráfica y tabulada.
- Interpretación de los resultados y elaboración de conclusiones.

Desarrollo de la práctica

- La determinación de los valores de velocidad y flujo de aire se realizará en diferentes sectores de una excavación (túnel popular, obra del trasvase, o en el laboratorio, para lo cual se construye un marco articulado que simula la sección de una excavación. Este se construye de madera o metal y representa una excavación rectangular, cuadrada o trapezoidal. (Instalación microclimática). Ver anexo 12 Foto 7
- Las mediciones se realizarán según dos métodos: en la sección para lo cual el investigador (estudiante) se parara frente a la dirección del flujo y hará un recorrido con el anemómetro simulando que la sección ha sido sectorizada en cuadrícula. Ver anexo 12 Foto 8
- Al trabajar con el anemómetro ACO-3, se debe tomar la carta de calibración del instrumento. Estudiar el manual de uso y el rango de velocidades de trabajo.
- Como ya conoce el instrumento de los primeros laboratorios solo se limitará a seguir las instrucciones como forma de reafirmar los conocimientos adquiridos.

- Los resultados se recogerán en la tabla indicada, se elaboran los resultados y se realiza el informe de la práctica, donde se debe ofrecer una valoración crítica de los resultados obtenidos.

Práctica de laboratorio # 2, 3 y 4

Levantamientos multimétrico

Objetivo

Que los estudiantes realicen las mediciones correspondientes a los parámetros del aire minero.

Introducción

El levantamiento multimétrico tiene suma importancia pues se corresponde a los parámetros del aire minero que deben medirse en una excavación para mantener saludable el ambiente de trabajo.

Orden de realización de la práctica

Preparar los elementos teóricos relacionados con los parámetros del clima minero y de sus características cuantitativas y cualitativas.

Seleccionar los instrumentos necesarios para realizar la práctica.

Comprobar el estado técnico de los instrumentos.

Preparar los medios necesarios para la recogida de la información.

Seleccionar los lugares donde realizara las mediciones.

Elaborar los resultados hacer el análisis estadístico y presentar el informe con sus conclusiones y propuestas de mejoras.

Entrega y discusión del informe.

Tareas de la práctica

Analizar el principio de funcionamiento de los diferentes equipos a utilizar para realizar las diferentes mediciones.

Determinar la variación de la humedad relativa y la caída de presión en excavaciones mineras o túneles.

Determinar la variación de velocidad y flujo de aire en excavaciones mineras o túneles.

CAPITULO III. GUÍA PARA LAS CLASES PRÁCTICAS

Tema II

Clase práctica #1

Título: Cálculo de la resistencia aerodinámica de la excavaciones.

Tema # 2 Ventilación de Minas

Sumario:

- 1- Cálculo de la resistencia aerodinámica y de la depresión
- 2- Cálculo de resistencia aerodinámica resultante de las asociaciones en serie, paralelo y diagonal.

Objetivo: Calcular la resistencia aerodinámica.

Problema 1. Determinar la resistencia y la depresión de una galería transversal con los siguientes datos iniciales. La longitud de la galería transversal es $L=300M$. El área de la sección transversal de la misma es $S= 7M^2$ la cantidad de aire que se desplaza por ella $Q=30M^3/s$, la galería transversal está fortalecida por marcos de estibación no completos, la distancia entre los marcos $C=70cm$, el diámetro del desagüe es $d= 24cm$. El calibre longitudinal $\Delta = 3, \alpha = 0,00143$.

Solución. La resistencia aerodinámica de la galería transversal se determina por la fórmula:

$$R = \alpha LP / S^3 = 0,00143.300.11 / 7^3 \quad (1)$$

$$R = 0,0158 \quad PaS^2 / M^6$$

La depresión de la galería transversal se determina por la fórmula:

$$h = RQ^2 = 0,0138.30^2 = 121,5Pa \quad (2)$$

Una vez calculados los valores de la resistencia aerodinámica y la depresión determine el área y longitud de la sección transversal dados los siguientes datos:

Ver anexo 13 Tabla 9

Problema 2. Para disminuir la resistencia de la galería transversal su fortificación se recubre con madera. Calcular, cuanto se aumenta la cantidad de aire que pasa por la excavación, si α en este caso se disminuye desde $14,5 \cdot 10^4$ hasta $4,6 \cdot 10^4$

$$14,5 \cdot 10^4 / (4,6 \cdot 10^4) = 3,2$$

La cantidad de aire, que pasa por la excavación $Q = \sqrt{h/R}$, por eso la cantidad de aire se aumenta en $\sqrt{3,2} = 1,8$ veces.

Demostración:

$$R = \alpha LP / S^3 \quad (3)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = 3,2 \quad (4)$$

$$Q_1 = \sqrt{h/R_1} \quad (5)$$

$$Q_2 = \sqrt{h/R_2}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\sqrt{h/R_2}}{\sqrt{h/R_1}} \quad (6)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{1}{\sqrt{R_2}} = \frac{\sqrt{R_1}}{\sqrt{R_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{3,2} = Q_2 = 1,8Q_1 \quad (7)$$

Problema 3: encontrar la pérdida de presión en el girote, la corriente de aire en el ángulo de 90° en la excavación con sección transversal de $S=5M^2$ que esta fortificada con marcos de madera no completos, si la cantidad de aire que pasa es iguala $20M^3/S$

$$\Delta = 5, \alpha = 0,0015. \quad (8)$$

Solución la pérdida de presión que está condicionada por la resistencia local es:

$$h_{R.L} = Ej_{R.L} v^2 \ell / 2 \quad (9)$$

Donde:

$Ej_{R.L}$ — es el coeficiente de la resistencia local del giro para los giros con paredes lisa de la excavación $Ej_{R.L}^{Li} = 1,4$. teniendo en cuenta la rigurosidad de las paredes de la excavación se calcula según la fórmula de V.B.Komaror

$$Ej_{R.L}^{Ru} = Ej_{R.L}^{Li} + 235(\alpha^{Ru} - \alpha^{Li}) = 1,4 + 235(0,0015 - 0,0003) = 1,70 \quad (10)$$

Donde. $Ej_{R.L}^{Li}$ y $Ej_{R.L}^{Ru}$ Son los coeficientes de resistencia local del giro para las excavaciones con paredes lisas y rugosas

α^{Li} y α^{Ru} Son los coeficientes de la resistencia aerodinámica para excavaciones con paredes lisas y rugosas.

Sustituyendo los valores numéricos en la formula obtenemos

$$h_{R.L} = 1,70 \frac{\left(\frac{20}{5}\right)^2 \cdot 1,2}{2} = 16,3 Pa \quad (11)$$

Ejemplo 4 Encontrara la perdida de presión en el giro de corriente de aire en un ángulo de 90° con torcedura del borde interior en un ángulo de 45° si la sección de la excavación es $S = 5m^2$. La cantidad de aire que pasa es $Q = 25M^3/S$, cálculos en cuantos veces se disminuye la perdida de presión en comparación con las pérdidas de presión con el giro sin torcer ($Ej_{R.L} = 1,3$)

Solución. La pérdida de presión será $h_{R.L} = 0,655 \cdot 25^2 / 5 \cdot 1,2 / 2 = 9,8 Pa$

El coeficiente $Ej_{R.L}$ en excavaciones con torceduras bajo un ángulo de 45° fue determinado por V.B. Komarov en un tubo aerodinámico $Ej_{R.L} = 0,655$, por consiguiente, los perdidas de presión se disminuye en $1,3/0,655=2$ veces.

Clase Práctica # 2

Título: Cálculo de la Resistencia general del sistema de excavaciones mineras.
Distribución del aire.

Sumario:

- 1- Introducción.
- 2- Cálculo de la resistencia general y la depresión.
- 3- Determinación del orificio equivalente general, la depresión de la mina y la distribución del aire por ramas de la mina.
- 4- Encontrar la distribución del aire, la depresión general y la resistencia general de la Unión.

Objetivo

Determinar la resistencia general, la depresión, el área del orificio equivalente y la distribución del aire por ramas para distintas uniones de las excavaciones e interpretar las variaciones de los mismos para responder ante determinadas exigencias de la producción.

1- Introducción

Resistencia general de cualquier sistema de ventilación se le denomina a la magnitud, la cual sustituye en los cálculos de ventilación a la resistencia de todas las excavaciones por los cuales se mueve el aire.

En el cálculo de la resistencia general del sistema de ventilación dado pueden encontrarse los casos siguientes:

- 1) Es conocida la depresión entre los puntos inicial y final del sistema h y la cantidad de aire Q , que pasa por las excavaciones del sistema.
- 2) Es conocido la distribución natural del aire en el paso de una cantidad arbitraria de aire por el sistema dado de excavaciones.

- 3) Son conocidas las dimensiones y construcción de la fortificación de la excavación, y también la distribución que es exigida del aire.
- 4) Son conocidas solamente las dimensiones del sistema de excavaciones y el tipo de fortificación.

En el primer caso la resistencia general del sistema cuando es conocida h y Q , que pasa por las excavaciones del sistema es:

$$R_o = h_{AB} / Q_{AB}^2 \quad (1)$$

Donde:

h_{AB} - diferencia de presión que es medida entre los puntos A y B ; Q_{AB} es la cantidad de aire, que pasan entre los puntos según las excavaciones.

En el segundo caso cuando al inicio se calcula la dispersión entre los puntos A y B en cualquiera de los flujos.

$$h_{AB} = R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + \dots + R_n Q_n^2 \quad (2)$$

Donde R_1, R_2, \dots, R_n – son la resistencias conocidas de las distintas excavaciones, por la que pasa el flujo elegido; Q_1, Q_2, \dots, Q_n - son la cantidad de aire medida, que pasa según ellos.

Esta fórmula es exacta en la suposición, de que la depresión de todos los flujos entre los puntos A y B es independientes de la resistencia de estos flujos, y también de la cantidad de aire que pasa por ellos, que siempre son iguales entre sí.

En el tercer caso a diferencia de los precedentes, el cálculo de la depresión de los distintos flujos, que entran en la composición del sistema que es examinado puede resultar distinto. Por eso para el cálculo de la resistencia general de todos los sistemas de excavaciones es necesario conocer la depresión del flujo entre dos puntos A y B, se después elije de ella la mayor y se determina la resistencia general del sistema.

$$R_o = h_{AB} / Q_o^2 \quad (3)$$

En el cuarto caso. El cálculo de la resistencia general R_o se ejecuta en dependencia del tiempo de unión del sistema de excavaciones: sucesiva, paralela y diagonal.

Unión sucesiva. – esta es la combinación de las excavaciones, según las cuales el aire se mueve no ramificándose. La resistencia general de las excavaciones, que están unidas sucesivamente es,

$$R_o = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (4)$$

Y consiguientemente (según la determinación $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$)

Es decir, la depresión general de las excavaciones que están unidas sucesivamente es igual a la suma, de la depresión de las distintas excavaciones. Ya que $R=0,144/A^2$ el orificio equivalente general será;

$$h_o = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (5)$$

Orificio equivalente general para la Unión Sucesiva

Ya que $R = 0,144 / A^2$ el orificio equivalente será;

$$\frac{1}{A_o^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \dots + \frac{1}{A_n^2} \quad (6)$$

Unión paralela de dos o varias excavaciones: En tal combinación de excavaciones en la cual se ramifican, y después de nuevo se unen, se distinguen los sistemas paralelos cerrados y abiertos: al primero pertenecen los sistemas, que responden a la determinación dada de unión en paralelo; al segundo, los sistemas, los puntos finales los cuales representan las salidas de las minas a la atmósfera.

La resistencia general del sistema, que consta de dos o varias ramas, serán respectivamente.

$$R_o = \frac{R_1}{(\sqrt{R_1/R_2} + 1)^2}; R_o = \frac{R_2}{(\sqrt{R_2/R_1} + 1)^2} \quad (7)$$

$$R_o = \frac{R_1}{(\sqrt{R_1/R_2} + \sqrt{R_1/R_3} + \dots + \sqrt{R_1/R_n} + 1)^2} \quad (8)$$

El orificio equivalente general de la unión en paralelo será:

$$A_o = A_1 + A_2 + \dots A_n \quad (9)$$

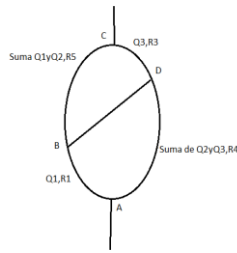
Donde. $A_1, A_2 \dots A_n$ – orificio equivalente de las respectivas ramas.

La cantidad de aire que va según las distintas ramas, en su distribución natural será.

$$Q_1 = \frac{Q_o}{\sqrt{R_1/R_2} + 1}; Q_2 = \frac{Q_o}{\sqrt{R_2/R_1} + 1} \quad (10)$$

La unión diagonal de dos o más excavaciones – es tal unión, en la cual las excavaciones se unen entre ellas no solamente en los puntos iniciales y final, sino también en otros puntos: una (unión simple), varias (compleja) excavaciones complementarias las cuales se le denominan diagonales. Una particularidad característica de las uniones en diagonales es que el movimiento del aire según la diagonal, en dependencia de la correlación de la resistencia del resto de las excavaciones puede ocurrir en direcciones contrarias, y puede perfectamente interrumpirse. En relación con esto en la determinación de la dirección del aire en la diagonal son posibles los tres casos siguientes:

1-el movimiento del aire en la diagonal está ausente, lo que es posible en la correlación siguiente entre las resistencias de los sectores de la unión diagonal.



$$\frac{R_1}{R_5} = R_4 / R_3 \quad (11)$$

Fig.1 Unión diagonal simple

2 - movimiento del aire en la diagonal desde D a B a causa del aumento de la resistencia del sector D C o A B la condición de tal dirección del movimiento del aire es la desigualdad

$$R_1 / R_5 > R_4 / R_3$$

3 - movimiento del aire en la diagonal desde B hasta D; para tal dirección del movimiento de aire es la desigualdad.

$R_1 / R_5 < R_4 / R_3$. La cual es posible con el aumento de la resistencia del sector B, C o A, D.

En la solución de las tareas en las uniones de diagonales se determinan la depresión general y la resistencia del sistema de diagonal, y también la distribución del aire en sus ramas. Para la unión diagonal simple (fig. 1), tomando la dirección del movimiento en la diagonal desde D hasta B, obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} R_1 Q_1^2 &= R_4 (Q_2 + Q_3)^2 + R_2 Q_2^2; \\ R_3 Q_3^2 &= R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2 \end{aligned} \quad (12) \text{ y } (13)$$

Ya que la depresión del flujo AB y ADB, y también DC y DBC son iguales. Dividiendo esta ecuación sobre Q_2^2 , obtenemos:

$$R_1 \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^2 = R_4 \left(1 + \frac{Q_3}{Q_2} \right)^2 + R_2; R_3 \left(\frac{Q_3}{Q_2} \right)^2 = R_2 + R_5 \left(\frac{Q_1}{Q_2} + 1 \right)^2 \quad (14)$$

Designando $\frac{Q_1}{Q_2} = x$ y $\frac{Q_3}{Q_2} = y$, sustituyendo

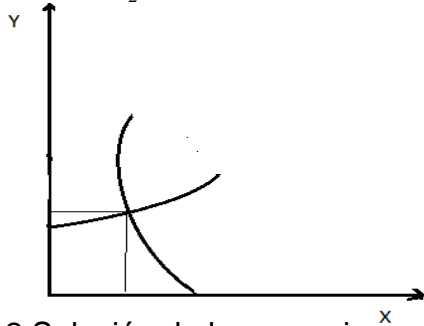
$$R_1 X^2 = R_4(1-y)^2 + R_2; R_3 y^2 = R_2 + R_5(x+1)^2 \quad (15)$$

Para la solución de estas ecuaciones se puede utilizar el método gráfico. Construyendo las hipérbolas:

$$x = \sqrt{\frac{R_4(1+y)^2 + R_2}{R_1}}; y = \sqrt{\frac{R_2 + R_5(x+1)^2}{R_3}} \quad (16)$$

Encontramos los puntos de su intercepción, las raíces incógnitas de sus ecuaciones (fig. 2).

Para la solución del problema sobre la distribución del aire de introduce la identidad $\frac{Q_2}{Q_2} = 1$ y se escribe $x + y + 1 = (Q_1 + Q_3 + Q_2)/Q_2 = \frac{Q_0}{Q_2}$ ó $Q_2 = \frac{Q_0}{(X + Y + 1)}$



Por consiguiente

$$Q_1 = xQ_2 = \frac{xQ_0}{x+y+1}; Q_3 = yQ_2 = \frac{yQ_0}{x+y+1} \quad (17)$$

Fig.2 Solución de las ecuaciones

La depresión de la unión diagonal, es decir la diferencia de la presión entre los puntos A y C, es igual a la suma de la depresión de cualquier flujo entre estos puntos: para el flujo AC.

$$h_{AC} = h_{AB} + h_{BC} = R_1 Q^2 + R_5 (Q_1 + Q_2)^2 \quad (18)$$

$$h_{AC} = \frac{x^2 R_1 + R_5(1+x^2)}{(x+y+1)^2} Q_0^2 \quad (19)$$

Análogamente se puede obtener todavía tres ecuaciones para la depresión general del sistema diagonal. Tomando el flujo ADBC, ABDC o ADC.

$$\text{La resistencia general de toda la unión diagonal será } R_o = \frac{h_{AB}}{Q_0^2}. \quad (20)$$

Problema 1. Son dadas tres excavaciones unidas sucesivamente con orificios equivalentes a 2, 4, y 8m² respectivamente. Determinar su resistencia general y depresión, si la cantidad de aire, que pasa a través de la unión sucesiva, es Q₀=24m³/s

Solución: El orificio equivalente general de la unión sucesiva de las excavaciones será:

$$\frac{1}{A_0^2} = \frac{1}{A^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_3^2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{64} = 0,3218 \quad (21)$$

$$A_0 = \sqrt{0,328} = 1,75M^2$$

La depresión de la unión sucesiva es

$$h_0 = 1,416Q_0^2 / A_0^2 = 1,416.24^2 / 1,75^2 = 266,6Pa \quad (22)$$

La resistencia general de la unión sucesiva es.

$$R_0 = 1,416 / A_0^2 = 1,416 / 1,75^2 = 0,47Pa.S^2 / m^6 \quad (23)$$

Dados los siguientes valores determine la resistencia aerodinámica y la depresión

Ver anexo 14 Tabla 10

Problema 2. Determinar la resistencia general de la mina en las condiciones siguientes; el orificio equivalente de la mina es A=2m², la resistencia de la instalación de ventilación R_{I.V.} = 0,25Pa.S² / m⁶ y la succión del aire a través de la boca de la mina que es ventilada es m=15%.

Solución: La resistencia general de la mina es.

$$R_0 = KR_M + R_{I.V.} \quad (24)$$

Donde:

$$R_M: \text{ es la resistencia aerodinámica de la mina,} \quad (25)$$

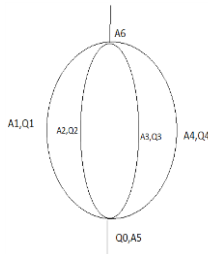
$$R_M = 1,416 / A^2 = 1,416 / 4 = 0,354Pa.S^2 / m^6;$$

K coeficiente de succión,

$$K = \frac{r}{(1 + m/100)^2} = 1/(1 + 15/100)^2 = 0,755 \quad (26)$$

Estudio Independiente:

Problema 3. Se da el esquema de ventilación de la mina (fig.3) que consta de 6 ramas. El orificio equivalente es $A_1=2m^2$, $A_2=1m^2$, $A_3=3m^2$, $A_4=4m^2$, $A_5=6m^2$ y $A_6=5m^2$, $Q_0=32m^3/s$. Determinar el orificio equivalente general, la depresión de la mina y la distribución del aire por ramas



Solución. El orificio equivalente general de las ramas que están unidas como muestra el esquema:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 2 + 1 + 3 + 4 = 10m^2 \quad (27)$$

Examinando todo el sistema como una unión sucesiva; se encuentra la manera equivalente de todas las menas.

$$\frac{1}{A_M^2} = \frac{1}{A_5^2} + \frac{1}{A_0^2} + \frac{1}{A_6^2} = \frac{1}{6^2} + \frac{1}{10^2} + \frac{1}{5^2} = 0,077 \quad (28)$$

$$A_M = \sqrt{1/0,0077} = 3,6m^2$$

La depresión de la mina será:

$$h_0 = 1,416Q_0^2 / A_0^2 = 1,416.32^2 / 3,6^2 = 111,9Pa \quad (29)$$

Se dará una serie de datos para que cada uno de los estudiantes a partir de los cálculos realizados en la clase realice una variante diferente de ejercicio como forma de estudio individual, en este caso deben calcular el área equivalente de la sección y la depresión de la mina. Ver anexo 15 Tabla 11

Clase Práctica # 3

Título: Cálculo de redes de ventilación

Sumario:

Cálculo de la resistencia aerodinámica de la excavación y la depresión

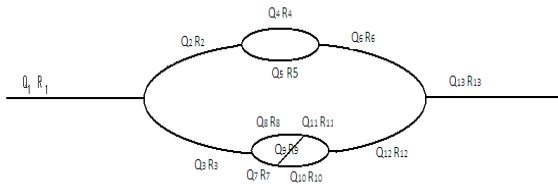
Objetivo: Que los estudiantes sepan cómo realizar el cálculo de la resistencia aerodinámica tanto para una red de excavaciones subterráneas como para la red de los túneles populares.

Introducción

Durante el funcionamiento de las minas, con el tiempo la resistencia de las distintas excavaciones mineras y de la red de ventilación en conjunto varía y como consecuencia la afluencia del aire al lugar donde se necesita, por eso en las minas se debe realizar sistemáticamente levantamientos anemométricos-depresiométricos con el objetivo de controlar la depresión en las excavaciones mineras y de los parámetros de funcionamiento de los ventiladores de ventilación parcial y principal, determinar la resistencia aerodinámica de las distintas excavaciones y de la red de ventilación en su conjunto también distribuir y suministrar aire a los frentes y puestos de trabajo.

Desarrollo

Problema 1. Determinar la resistencia del sistema de excavaciones y calcule la cantidad de aire que pasa por cada excavación si se conoce que por R_1 está entrando un caudal de $270 \text{ m}^3/\text{min}$. Si en R_0 trabajan seis mineros, diga si la cantidad de aire que pasa es suficiente para que se realice el trabajo.



$$R_1 = R_2 = 1,15 \times 10^{-3} \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6$$

$$R_3 = R_4 = R_{12} = 8 \times 10^{-4} \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6$$

$$R_5 = R_6 = R_3 = 7 \times 10^{-4} \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6$$

$$R_7 = R_8 = 5 \times 10^{-4} \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6$$

$$R_{10} = R_{11} = R_{13} = 1,14 \times 10^{-3} \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6$$

$$Q_{np} = 6 \text{ m}^3 / \text{min} \text{ (Caudal de aire necesario para una persona)}$$

Solución:

$$Reqv_{3,4} = R_3 // R_{10} = \frac{R_3}{\left(\sqrt{\frac{R_3}{R_4}} + 1\right)^2} \quad (1)$$

$$Reqv_1 = Reqv_{3,4,2,1} = Reqv_{3,4} + R_2 + R_{11} = 0,00249 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (2)$$

$$R_{AB} = \frac{R_6 (R_7 + R_8)}{(\sqrt{R_6} + \sqrt{R_7 + R_8})^2} \quad (3)$$

$$R_{AD} = \frac{R_7 (R_6 + R_8)}{(\sqrt{R_7} + \sqrt{R_6 + R_8})^2} \quad (4)$$

$$R_{BD} = \frac{R_8 (R_6 + R_7)}{(\sqrt{R_8} + \sqrt{R_6 + R_7})^2} \quad (5)$$

$$R_{AO} + R_{OB} = 0,000207 \quad (6)$$

$$R_{AO} + R_{OD} = 0,00116 \quad (7)$$

$$R_{OB} + R_{OD} = 0,00116 \quad (8)$$

$$R_{AO} = 0,000207 - 0,000103 = 0,000104 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (9)$$

$$R_{OD} = 0,00116 - 0,000104 = 0,000405 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (10)$$

$$Reqv_2 = R_{OB} + R_3 = 0,0008033 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (11)$$

$$Reqv_3 = R_{OD} + R_{10} = 0,00213 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (12)$$

$$Reqv_4 = \frac{Reqv_2}{\left(\sqrt{\frac{Reqv_2}{Reqv_3}} + 1\right)^2} = 0,000311 \text{ Pa s}^2 / \text{m}^6 \quad (13)$$

$$\text{Reqv}_5 = R_{A0} + \text{Reqv}_4 = 0,000415 \text{ Pa s}^2/\text{m}^6 \quad (14)$$

$$\text{Reqv}_6 = R_5 + \text{Reqv}_5 + R_{12} = 0,001915 \text{ Pa s}^2/\text{m}^6 \quad (15)$$

$$\text{Reqv}_7 = \frac{\text{Reqv}_1}{\left(\sqrt{\frac{1}{\text{Reqv}_0}} + 1\right)^2} = 0,000543 \text{ Pa s}^2/\text{m}^6 \quad (16)$$

$$\text{Reqv}_8 = R_1 + \text{Reqv}_7 + R_{13} = 0,002833 \text{ Pa s}^2/\text{m}^6 \quad (17)$$

$$Q_0 = 270 \text{ m}^3/\text{min}; \quad (18) \quad Q_1 = Q_{13} = Q_0; \quad (19) \quad Q_2 = \frac{Q_0}{\left(\sqrt{\frac{R_{eqv}_1}{\text{Reqv}_8}} + 1\right)^2} = 126,15; \quad (20)$$

$$Q_{12} = Q_5; \quad Q_{11} = Q_{11}; \quad Q_3 = Q_4 \text{ porque } R_3 = R_4 \quad (21)$$

$$Q_2 = \frac{Q_0}{\left(\sqrt{\frac{R_{eqv}_1}{\text{Reqv}_8}} + 1\right)^2} = 126,15 \text{ m}^3/\text{min} \quad (22)$$

$$Q_5 = \frac{Q_0}{\left(\sqrt{\frac{R_3}{R_{10}}} + 1\right)^2} = 143,85 \text{ m}^3/\text{min} \quad (23)$$

$$Q_3 = \frac{Q_2}{\left(\sqrt{\frac{R_3}{R_4}} + 1\right)^2} = 63,07 \text{ m}^3/\text{min} \quad (24)$$

$$Q_3 = \frac{Q_{12}}{\left(\sqrt{\frac{R_3}{R_{10}}} + 1\right)^2} = 80,69 \text{ m}^3/\text{min} \quad (25)$$

$$Q_6 = \frac{Q_5}{\left(\sqrt{\frac{R_6}{R_7}} + 1\right)^2} = 65,88 \text{ m}^3/\text{min} \quad (26)$$

$$Q_3 = Q_6 + Q_8 \quad (27)$$

$$Q_8 = Q_3 + Q_6 = 14,76 \text{ m}^3/\text{min} \quad (28)$$

$$Q_{np} = 6 \text{ m}^3/\text{min} \quad (29)$$

$$Q_{n6} = 6 \times 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$Q_8 < Q_{n6}$ La cantidad de aire en la excavación ocho no es suficiente para los seis mineros.

$$\frac{R_6}{R_3} ? \frac{R_7}{R_{10}} \quad 1 < 4,5$$

Como el aire en la excavación 8 no es suficiente para los 6 mineros podemos usar un tabique en R_7 para que la cantidad de aire en 8 pueda aumentar y permitir que trabajen los 6 mineros.

$$X = \sqrt{\frac{R_7(1+y)^2 + R_8}{R_6}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-4} (1+y)^2 + 5 \cdot 10^{-4}}{7 \cdot 10^{-4}}} \quad (30)$$

y	0	1	2	3	4
x	1,13	1,88	2,67	3,47	4,3

$$Y = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4} \cdot (x+1)^2}{1,14 \cdot 10^{-3}}} \quad (31)$$

Y	0	1	2	3	4
X	1,02	1,7	2,44	3,2	3,37

$$Q = \frac{Q_8}{x+y+1}$$

Nota: Realizar la representación gráfica de la ecuación resultante.

Tema III Ventilación de minas

Clase práctica #1

Sumario

- Cálculo de la distribución del aire en varias excavaciones asociadas en paralelo.
- Cálculo de la resistencia de regulación.

Objetivo: Calcular la distribución del aire en una red de excavaciones mineras asociadas en paralelo y los dispositivos para lograrlo.

Introducción:

Si existen dos o más excavaciones de ventilación asociados en paralelo y se desea aumentar el caudal en una de ellas por encima del valor que presente en un momento dado, esto se puede lograr introduciendo los tipos de resistencias aerodinámicas en las otras, en la cantidad necesaria para que la resistencia resultante alcance un valor preestablecido en cada excavación.

Primer caso: Dos excavaciones solamente en paralelo (para dos excavaciones)

- a) Sus caudales iniciales serán Q_1 ; Q_2 .
- b) Sus caudales finales Q_f y Q'_2 guardarán entre sí una relación por cociente igual a m .
- c) Sus resistencias aerodinámica iniciales son R_1 y R_2 .
- d) Queremos aumentar el caudal en la excavación No 1.
- e) El valor de la resistencia resultante a introducir en la excavación No 2 será R_{reg} , el cual debemos determinar mediante cálculos.

Los cálculos que se realizan son los siguientes:

- a) Aplicamos la Ley de Ohm al circuito formado por las excavaciones entre sus puntos inicial (A) y final (B);

$$h_{AB} = R_1(Q'_1)^2 = (R_2 + R_{reg})(Q'_2)^2 \quad (1)$$

(O sea, la caída de presión desde A hasta B es la misma a través de cualquiera de las excavaciones).

Nota: Se recomienda al estudiante hacer el esquema representativo del sistema que estamos analizando.

$$R_2 + R_{reg} = R_1 \left(\frac{Q'_1}{Q'_2} \right)^2 \quad (2)$$

$$R_{reg} = R_1 m^2 + R_2$$

Una vez encontrado el valor de R_{reg} debemos pasar a establecer concretamente, según la naturaleza de la resistencia que vayamos a instalar cuáles serán sus parámetros.

En el caso de que la resistencia esté constituida por una puerta o tabique transversal con una ventana(o sea formando lo que se conoce como diafragma); se deberá determinar el valor de sección libre de la ventana (S); para lo cual se emplean las siguientes fórmulas, donde se dan además la sección de la excavación (S) en el punto donde se construye la obra:

$$S = \frac{S}{0,65 + 2,63 S \sqrt{R_{reg}}} ; m^2 \quad (3)$$

Cuando $S \rightarrow 0,5$ entonces se emplea la siguiente fórmula:

$$S = \frac{S}{1 + 2,38 S \sqrt{R_{reg}}} ; m^2 \quad (4)$$

Segundo caso: Cuando haya un número mayor de excavaciones asociadas en paralelo y deseamos aumentar el flujo en una de ellas (para más de dos excavaciones)

- Se halla $h_i = R P_i$ donde P_i es la fracción porcentual del caudal que circula por cada excavación.
- Se halla $m_i = \frac{P}{P_i}$ donde P es la fracción porcentual que corresponde a la excavación sin regulador.
- Entonces: $R_{reg} = R * m_i^2 - R_i$
- El resto del proceso es igual(o sea , utilizar las fórmulas $\frac{S}{S} \geq / \leq 0,5$)

Como estos diagramas son resistencias locales, su coeficiente de resistencia (ξ) se puede determinar por la expresión:

$$\xi = 16,3 R_{reg} * S^2 \quad (5)$$

Y la caída de presión en ellos (h) se determina por la expresión:

$$h_{reg} = \frac{\gamma}{2g} (v_2 - v_1)^2 \quad (6)$$

Donde:

γ - peso específico del aire (1,22 Kg/m³)

g - gravedad, 9,8 m/seg²

v_2 - velocidad promedio del aire en la excavación antes de la ventana.

V_1 - velocidad del aire en la excavación contracta

Los valores de v_1 y v_2 se determinan por las relaciones entre caudales y secciones transversales como sigue:

$$V_1 = \frac{Q_i}{S} \quad (6)$$

$$V_2 = \frac{Q_i}{0,65 S} \quad (7)$$

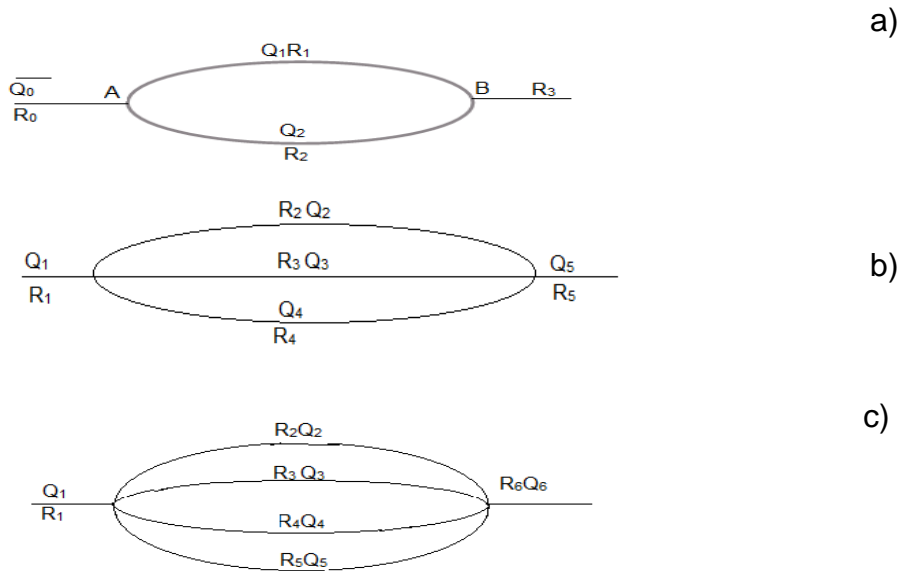
Estos valores son aproximados, acercándose al valor real por arriba(o como se dice usualmente por la derecha) de modo que por aproximaciones sucesivas se puede obtener un valor preciso, para trabajos ordinarios hasta con el obtenido en la primera aproximación a menos que la variación de Q_i sea muy grande.

Después de determinar las resistencias de los reguladores calculamos la resistencia resultante de todo el sistema (ver cálculos de asociación de resistencias aerodinámicas).

Con la resistencia de todo el sistema de ventilación se va al plano de hvsQ donde aparezca la curva característica del ventilador principal de la mina y se halla el punto de su régimen de trabajo. Seguidamente se halla la distribución del aire por ramas y se comprueba si satisfacen cuantitativamente las necesidades planteadas en todas las excavaciones.

Desarrollo:

Problemas: 1,2 y 3. Dados los siguientes esquemas de ventilación determine la cantidad de aire que pasa por cada una de las excavaciones.



Datos:

a) $R_0 = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}^2/\text{m}^6$

$Q_0 = 275 \text{ m}^3/\text{min}$

b) $R_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Pa s}^2/\text{m}^6$

$Q = 270 \text{ m}^3/\text{min}$

c) $R_1 = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}^2/\text{m}^6$

$Q = 275 \text{ m}^3/\text{min}$

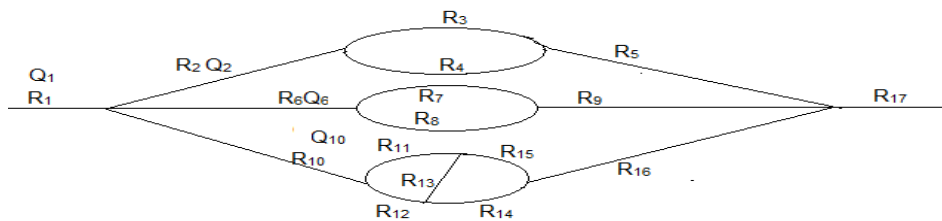
Clase práctica # 2

Sumario:

- Cálculo de la distribución del aire en varias excavaciones asociadas en una red.
- Cálculo de la resistencia de regulación.

Objetivo: Calcular la distribución del aire en una red de excavaciones mineras asociadas en paralelo y los dispositivos para lograrlo.

Problema 1. En la mina se encuentra un colectivo de mineros trabajando en la galería 1. Determine si la cantidad de aire que llega es suficiente para que ellos permanezcan en su puesto de trabajo. De no ser suficiente la cantidad de aire que llega, tome las medidas necesarias para que no se detenga la actividad.



Datos:

$$Q_1 = 486 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$R = 0.000412 P_a S^2 / \text{m}^6$$

$$N_1 = 5$$

$$N_a = 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

Tema IV Ventilación de minas

Clase práctica # 1

Sumario:

Proyectar la ventilación de excavaciones

Objetivo:

Determinar el esquema de ventilación de una mina, de un sistema de excavaciones o de alguna(s) de las partes del sistema de una excavación.

Introducción:

La ventilación en minas y túneles constituye una operación fundamental cuya función es la de renovar el aire, diluir los gases contaminantes y polvo y controlar los humos en caso de incendio. Esta operación asegura unas condiciones ambientales no peligrosas para la circulación (respiración y visibilidad) y en caso de incendio garantiza las condiciones de evacuación y de intervención de los equipos de emergencia.

Problema1. Se laboreo una excavación horizontal de 150m con una sección transversal trapezoidal con ancho por el piso de 6m y altura de 4,85m. Esta excavación se fortifica con hormigón. Durante el laboreo se empleará una cantidad de 12 Kg de Sustancia Explosiva en cada explosión, el macizo rocoso está constituido por serpentinitas duras con fortaleza $f=6$. La brigada está compuesta por 8 mineros. Determine el esquema de ventilación y el ventilador necesario para evacuar los gases durante el laboreo.

Tema IV Ventilación de minas

Clase práctica # 2

Sumario:

Proyectar la ventilación de excavaciones subterráneas.

Objetivo:

Calcular y seleccionar los elementos necesarios para ventilar excavaciones.

Introducción:

La ventilación ya sea en un túnel o en una mina es de gran importancia y necesidad, pues sin ella sería imposible realizar los trabajos en una excavación determinada puesto que hay razones que obligan a realizar el suministro de aire forzado en la misma entre ellas se encuentra el empleo de equipos móviles con

motores de combustión interna, de los cuales se desprenden grandes cantidades de calor y gases tóxicos e irritantes.

Problema 1. Se laboreo una excavación horizontal de 862m con una forma de sección transversal ovoidal con ancho por el piso de 6,5m y altura de 6m. Esta excavación se fortifica con hormigón lanzado. Durante el laboreo se empleará una cantidad de 50 Kg de Sustancia Explosiva en cada explosión, el macizo rocoso está constituido por serpentinitas duras con fortaleza $f=8$. La brigada está compuesta por 5 mineros. Determine el esquema de ventilación necesario para evacuar los gases durante el laboreo, el caudal requerido por número de personas y la cantidad de aire según el consumo de Sustancia Explosiva.

Datos:

Para la perforación: **El Tamrock Axera 6-240**,

Para la fortificación (hormigón lanzado) **La PM 500 y La ROBOLT 06**

Para la carga del material **EI TORO 400**

$K = (4-5)$

$N = 5$

Para el cálculo de la cantidad de aire necesario según el consumo de Sustancia Explosiva se utiliza la fórmula de Mustel.

$$Q=21,4 \cdot t^{-1} \cdot \sqrt{A \cdot V} \quad (1)$$

Donde:

A-Gasto de Sustancia Explosiva

V-Volumen de la excavación

t-Tiempo de ventilación

Cálculo del caudal de aire requerido por el número de personas

Se exige una corriente de aire fresco de no menos de tres metros cúbicos por minuto (6 m³/ min.) por persona, en cualquier sitio del interior del túnel.

$$Q_1 = F \cdot N \cdot K \quad (2)$$

Donde:

K - Coeficiente

F - Caudal mínimo por persona (6 m³/ min.)

N - Número de personas en el lugar

Se calcula el valor de la resistencia aerodinámica mediante la fórmula:

$$R_1 = \alpha \cdot L \cdot P / S^3 \quad (3)$$

Donde:

α -Resistencia aerodinámica por fricción

L-Longitud del túnel

P-Perímetro del túnel

S-Área de sección transversal

A partir del cálculo de la resistencia aerodinámica, el caudal o demanda de aire se determina el valor de la depresión.

$$h = R \cdot Q^2 \quad (4)$$

$$Q_3 = S \cdot V \quad (5)$$

CONCLUSIONES

- Con la elaboración de la guía metodológica para laboratorios y clases prácticas de la asignatura Atmosferología Minera se mejorará el proceso de enseñanza aprendizaje a partir de que los profesores contarán con esta para la orientación de las actividades.
- Los estudiantes contarán con las guías en soporte electrónico en el repositorio, lo que les permitirá realizar la preparación previa a las correspondientes actividades, así como para las consultas para la solución de proyectos y otras investigaciones.

RECOMENDACIONES

- Generalizar el enfoque sistémico dialéctico de este trabajo a las demás asignaturas de la carrera.
- Luego de impartirse la asignatura de acuerdo a las guías elaboradas, comprobar los resultados obtenidos y hacer una valoración.
- Para próximos cursos académicos impartir la asignatura tomando como base las guías metodológicas elaboradas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADO GALLARDO, S. (2008). *Guía metodológica de seguridad para proyectos de Ventilación de Minas*. Santiago de Chile: Departamento de Seguridad Minera.
- BIJAROV, I.I (1967). *"Investigaciones para los trabajos mineros sobre la velocidad crítica de levantamiento de las partículas de polvo en una corriente de aire*. Perle. p. 135-138.
- COMISIÓN NACIONAL DE CARRERA (2007). *Plan de estudios D de la carrera Ing. en Minas*. Moa.
- FROLOV, M.A. (1988). *Manual de Ventilación de minas; Parte IV. El polvo en las minas*. Moscú: Nedra.
- GIRÓN ROBLES, Y. (2014) *Apuntes de la asignatura Atmosferologia Minera*. Recibida en el curso 2013 – 2014, primer semestre.
- KIRIN, B.F. (1988). *Manual de Ventilación de minas; parte IV Dinámica del polvo*. Moscú: Nedra.
- KORENKO, B.V. (1969). *Ventilación de minas*. Moscú: Nedra.
- MCPHERSON MALCOM, J. (2009). *Surface Ventilation Engineering*. [en línea]. [Consultado: 2015-03-23]. University of Nottingham, England and University of California, Berkeley. Disponible en: <http://www.musengineering.com>.
- MIRANDA GONZÁLEZ, J.R. (1996). *Apuntes para el libro de texto " Aerología de Minas"*. Moa: ISMMM, Departamento de Minería.
- MIRANDA GONZÁLEZ, J.R. (2003) *Folleto de Atmosferologia de minas*. [Versión electrónica]. Moa: ISMMM.
- TORRENS BLANCO, R. (1984). *Laboreo de excavaciones subterráneas*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

- WATSON QUESADA, R.L. (1998). *Vías para alcanzar los trabajos en las minas asfálticas de nuestro país en condiciones higiénico-sanitarias adecuadas*. Tesis doctoral. I.S.M.M, Moa, Facultad de Geología y Minería.
- WATSON QUESADA, R.L. (2007). *Guía de Laboratorio* [Versión electrónica]. Moa: ISMM.
- WATSON QUESADA, R.L. (2015). *Programa analítico de la asignatura Atmosferología Minera*. Moa: I.S.M.M, Departamentos de Minas.
- WATSON QUESADA, R.L; MIRANDA GONZÁLEZ, J.R. (2009). *Folleto de ventilación*. [Versión electrónica]. Moa: ISMM.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 1 Sistema de valores

PROFESIONALIDAD REVOLUCIONARIA CUBANA , valor paradigmático que contiene a todos los relacionados a continuación:	
Dignidad	Honestidad
Incondicionalidad a la Revolución	Modestia
Patriotismo	Colectivismo
Internacionalismo	Autenticidad
Justicia	Decisión
Antiimperialismo	Cientificidad
Humanismo	Amistad
Solidaridad	Pensamiento económico
Responsabilidad	Competitividad
Compañerismo	

Anexo 2 Tablas 2 y 3 Medición de los parámetros (humedad relativa, efecto de enfriamiento y velocidad de movimiento de aire)

Tabla 2

Lugar de medición	Medición de la Humedad Relativa						Medición del efecto de enfriamiento			
	Número del inst.	T _s °C	T _h °C	ΔT	W %	ρ g/m ³	Número del Inst.	F	t seg.	H
A										
B										
C										

Tabla 3

Presión Pa	Medición de la velocidad de movimiento del aire								Observación
	Número del Inst.	L_i	L_f	ΔL	t, seg.	n vuelt/ seg	$V_{ent.}$	$V_{sal.}$	

Anexo 3 Tabla 4 Características de la torre de precipitación

Partes	Dimensiones			Material
	Largo _{mm}	Ancho _{mm}	Alto _{mm}	
Cámara de polvo	250	250	60	Vidrio orgánico
Plataforma de lanzamiento del polvo	70	60	2	Zinc galvanizado
Tabique	240	170	2	Zinc galvanizado
Tubo de precipitación	170 - 145 E I	170 - 145 E I	940	Madera
Soporte porta muestra	140	170	10	Madera

Anexo 4 fotos 1,2 y 3 Instalación aerodinámica para medir el polvo en excavaciones mineras, torre de presipitación de polvo y el AERA.





Anexo 5 foto 4 Interferómetro para minas IIIK-11



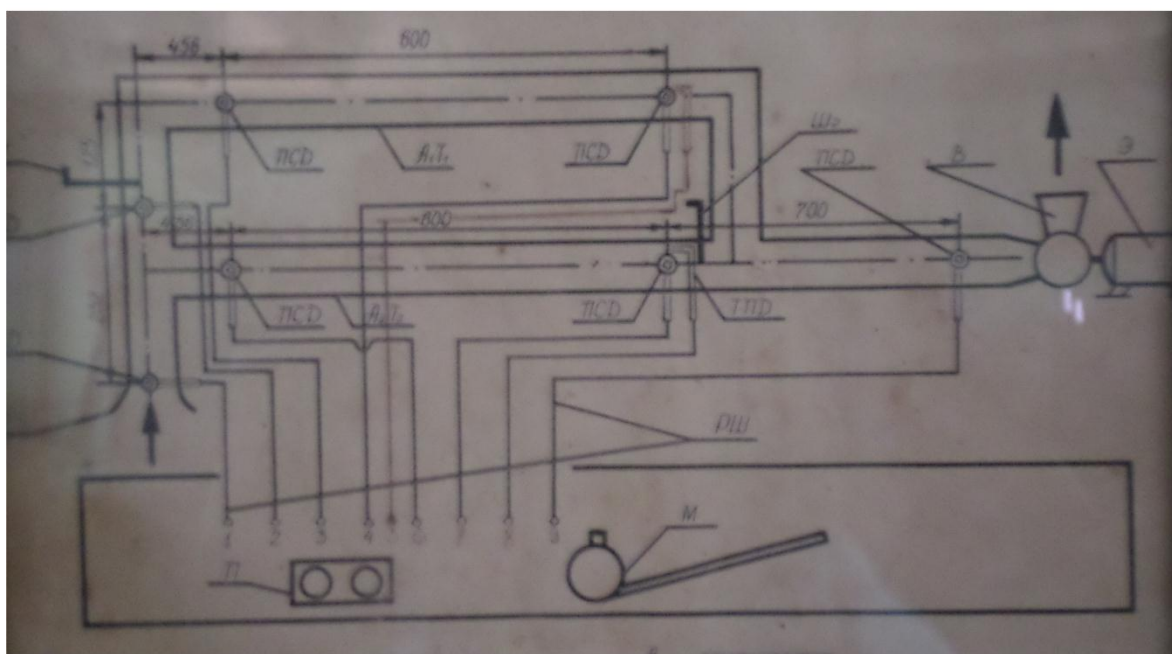
Anexo 6 foto 5 Instalación aerodinámica de parámetros mecánicos



Anexo 7 Tabla 5 Parámetros de la fortificación de la instalación aerodinámica

Tubería Aerodinámica	Tipo de fortificación	Diámetro de la fortificación D (m)	Calibre longitudinal de la fortificación	Área útil de la sección. (m ²)	Perímetro (m)
A ₁ T ₁	Cuadro incompleto	0,003	2,86	0,0016	0,160
A ₂ T ₂	Cuadro incompleto	0,003	2,86	0,0016	0,160

Anexo 8 Esquema de instalación aerodinámica



Anexo 9 Tabla 6 Resultados de la determinación del coeficiente de resistencia aerodinámico por fricción.

Número del experimento (medición)	Número de la instalación	Sector	Depresión del sector h <small>sector; mm. col. agua</small>	Q; m ³ /seg.	Q ²	L; m	P; m	S; m ²	S ³	d, m	Δ	α _f ; Kg. S ² /m ⁴	α	Observaciones
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Anexo 10 Tablas 7 Resultados del cálculo del coeficiente de resistencia local

Número del experimento (medición)	Número de la instalación	Sector	Depresión del sector h <small>sector; mm. col. agua</small>	Q; m ³ /seg.	Q ²	L; m	P; m	S; m ²	S ³	d, m	Δ	α _f ; Kg. S ² /m ⁴	α	Observaciones
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Anexo 11 Tabla 8 Resultados de la medición y cálculo de la depresión

Número del experimento	Sector	Calibre longitudinal de la fortificación	Gasto de aire en el sector Q; m ³ /s	Q ²	La depresión del sector con resistencia local h _s , mm. col. de agua	Depresión del sector en ausencia de resistencia local						Depresión de la resistencia local h _{r.l}	Velocidad de movimiento del aire m/ s	ξ
						α	L	P	S	S ³	h _f			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Anexo 12 fotos 6 y 7 (Instalación microclimática y anemómetro)



Anexo 13 Tabla 9 Datos para cada uno de los estudiantes

No de estudiante	Forma de la sección transversal	Parámetros geométricos			
		Ancho/piso(m)	Ancho/techo(m)	Diámetro	Altura(m)
1	Rectangular	3	3	-	3,5
2	Trapezoidal	4,5	3,8	-	2,90
3	Abovedada con paredes rectas	5	4,85	6	6
4	Circular	-	-	5	-
5	Cuadrada	4	4	-	4
6	Circular	-	-	6	-
7	Rectangular	6	6	-	6,5
8	Trapezoidal	5,25	4,70	8	5
9	Cuadrada	6	6	-	6
10	Aboveda con paredes rectas	3	3,85	4	6
11	Circular	-	-	7	-
12	Rectangular	5	5	-	5,44
13	Trapezoidal	4	4,95	-	3
14	Cuadrada	7	7	-	7
15	Abovedada con paredes rectas	7	7,35	6	7,50
16	Rectangular	4	4	-	4,55
17	Cuadrada	3	3	-	3
18	Circular	-	-	4,1	-
19	Abovedada con paredes rectas	6	5,50	6	6,75
20	Trapezoidal	6	5,20	-	3

Anexo 14 Tabla 10 Datos para cada uno de los estudiantes

No de estudiantes	Área equiv. general de la sección (A_o^2);m ²	Cantidad de aire que pasa (Q_o); m ³ /s
1	0,3315	24
2	0,3501	25
3	0,2562	26
4	0,3044	24
5	0,4001	25
6	0,3204	26
7	0,3415	25
8	0,3118	25
9	0,3317	23
10	0,3120	25
11	0,2930	23
12	0,2999	24
13	0,3035	26
14	0,3215	23
15	0,3411	23
16	0.2998	24
17	0,3419	25
18	0,2699	23
19	0,3328	24
20	0,3541	24

Anexo 15 Tabla 11 Datos para cada uno de los estudiantes

No de estudiantes	Orificios (A); m ²	Cantidad de aire que pasa (Q ₀); m ³ /s
1	3	24
2	5	25
3	4	26
4	6	24
5	7	25
6	2	26
7	3	25
8	6	25
9	9	23
10	4	25
11	8	23
12	2	24
13	5	26
14	9	23
15	7	23
16	2	24
17	4	25
18	6	23
19	3	24
20	8	24