

Кроме того, за счет разности скорости вращения обечайки питателя и экрана перемещение шихты происходит без разрушения гранул в момент шунтирования магнитного поля.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Показано, что одним из перспективных направлений повышения эффективности процесса окомкования магнетитовых концентратов является предварительное намагничивание шихты. Проведен анализ известных способов и устройств, обеспечивающих реализацию этого явления. Применение на практике предварительного намагничивания шихты позволяет получить окомкованную шихту с более крупными и прочными гранулами, обеспечивающими лучшую газопроницаемость слоя шихты на колосниковой решетке агломерационной машины. Следствием этого является интенсификация технологического процесса спекания шихты на агломерационной машине и повышение ее производительности.

#### Список литературы

1. [http://emchezgia.ru/syrve/8\\_aglomeratsiya.php](http://emchezgia.ru/syrve/8_aglomeratsiya.php). [Электронный ресурс].
2. Вегман Е.Ф. Теория и практика агломерации [Текст] / Е.Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1967. – 368 с.
3. Патент RU 231569. Способ подготовки агломерационной шихты.
4. Исаков З.Х. Исследование влияния намагничивания шихты на производительность агломерационных машин [Текст] / З.Х. Исаков, В.М. Иванов, А.А. Бибииков // Обогащение руд. – 1975. – Вып. 1. – С. 40-42.
5. Иванов В.М. Загрузка шихты на агломашину барабаном с магнитной системой [Текст] // Металлург. – 1979. – №9. – С. 11-13.
6. Губанов В.И. Справочник рабочего-агломератчика [Текст] / В.И. Губанов., А.М. Цейтлин. – Челябинск: Металлургия, 1987. – 207 с.
7. Новак С.Б. Теория и практика управления агломерационным процессом [Текст] / С.Б. Новак, Н.И. Гармаш, В.А. Мартыненко. – Кривой Рог, 2006. – 213 с.
8. Крижевский А.З. Влияние намагничивания шихты на производительность агломерационных машин [Текст] / А.З. Крижевский, В.Г. Кучер // Бюллетень ЦНИИ ИТ-ЭИЧМ. - №3 (671), 1972. - С. 21-23.
9. Рудь Ю.С. Интенсификация процесса окомкования железорудных шихт при использовании встроенных магнитных систем [Текст] / Ю.С. Рудь, В.Г. Кучер, В.И. Лобода // Интенсификация процессов окускования рудных материалов. – К.: Наукова думка, 1987. – 170 с.
10. Патент SU №763479. Способ подготовки железорудной шихты для окускования. - 1980.
11. Патент RU 2301273. Способ подготовки железорудной шихты к окускованию. – 2005.
12. Патент RU 231569. Способ подготовки агломерационной шихты. – 1965.
13. Патент SU 709704. Барабанный окомкователь. – 1980.
14. Патент SU 1171547. Устройство для окомкования шихты. – 1985.
15. Патент UA 102076. Пристрій для завантаження шихти на колосникові грати агломераційної машини. – 2015.

Рукопись поступила в редакцию 15.04.17

УДК 614.894.3:622.012

Н.Ю.ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф., Т.А.КОМИСАРЕНКО, О.В.НЕСТЕРЕНКО, М.В.ДОМНИЧЕВ, кандидаты техн. наук, доценты, І.А.НЕСТЕРЕНКО, магістрант Криворізький національний університет

### ОГЛЯД РЕСПІРАТОРІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ В ГІРНИЧОРУДНІЙ ГАЛУЗІ

**Мета.** Метою даної роботи є проведення аналізу існуючих респіраторів, що використовуються в гірничорудній промисловості та впровадження нових моделей

**Методи дослідження.** Теоретичний метод дослідження на основі коригування нових і отриманих раніше знань, базою для отримання даних є спостереження та експерименти.

**Наукова новизна.** Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Її метою є прикладне дослідження зменшення впливу пилу на працівників при застосуванні різних респіраторів.

**Практична значимість.** Запропоновано використання нових фільтруючих матеріалів для респіраторів з метою зменшення пилового навантаження на організм працюючого в шкідливих умовах.

**Результати.** Вплив виробничих шкідливих факторів обумовлює формування несприятливих реакцій організму, погіршення стану здоров'я, втрати працездатності. Важливу роль у зменшенні нещасних випадків і професійних захворювань відіграє розробка і впровадження колективних засобів захисту: санітарно-гігієнічних, технічних та інших

заходів. Однак не завжди ці заходи виявляються досить ефективними. У цьому випадку використовуються індивідуальні засоби захисту від дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Використання респіраторів дозволяє знизити пиловий вплив на працівника і запобігти розвитку захворювань пилової етіології. Сучасним матеріалом для респіраторів можуть бути фільтротканини з наноматеріалів, що вловлюють частки малих розмірів, не знижують опір диханню. Основною перевагою таких респіраторів слід відзначити невелику вагу, а також мінімальний опір диханню. Остання характеристика дозволяє перебувати в захисному засобі протягом кількох годин. Тиск на працівника буде знижено, що виключить дискомфорт.

**Ключові слова:** пил, пневмокониоз, респіратор, фільтруюча нанотканина.

В статті проаналізовано види професійних захворювань органів дихання і засобів індивідуального захисту для попередження пилових захворювань. Наведені статистичні дані по структурі захворюваності і класифікація захворювань від впливу пилу. Респіратори використовуються для захисту від пилу, диму і шкідливих газів, які можуть потрапляти в організм через верхні дихальні шляхи. На сьогоднішній день респіратори відносять до найбільш надійних і сучасних засобів захисту, однак не всі вони можуть похвалитися хорошим рівнем захисту. Через деякі з них просочуються шкідливі речовини, які можуть осідати в легенях, завдаючи таким чином дуже серйозної шкоди організму людини, тому необхідно знати основні недоліки та переваги кожного респіратора, щоб вибрати надійний засіб захисту. Для цього проаналізовано основні респіратори, які використовуються в гірничорудній галузі для попередження розвитку професійних захворювань. Питання зменшення пилу для працівника не тільки за рахунок технічних заходів може полягати й у використанні засобів індивідуального захисту. В Україні продовжують вироблятися, імпортуватися і використовуватися багато моделей ЗІЗОД, розроблених ще в середині минулого століття: респіратори «Лепесток», У-2К, РПГ-67, Ф-62Ш, РУ-60, шолом-маски ШМП та ін.

Для зменшення пилового навантаження на працівника доцільно удосконалювати респіратори. Тому вибір респіраторів та їх модернізація є питанням актуальним, наприклад, використання наноматеріалів для фільтрів, тому що такі тканини мають малий опір диханню. Такі респіратори майже невагомі за рахунок нейлонових волокон, які мають не більш 15 нанометрів в діаметрі. Для отримання наноматеріалу використовується метод електропрядіння. Ці респіратори затримують до 98% пилу за рахунок того, що фільтруюча тканина складається з нейлонового нановолокна, яке вловлює частинки малих розмірів, не знижуючи опір диханню. Серед переваг таких респіраторів слід відзначити ще їх невелику вагу. Остання характеристика дає можливість перебувати в захисному засобі протягом кількох годин.

Професійні захворювання органів дихання – це широка група діагнозів, що спричинена вдиханням частинок пилу, хімікатів або білків. Пневмокониоз – термін, що використовується для характеристики захворювання, що пов'язане з вдиханням мінерального пилу. Важкість захворювання пов'язана із складом речовини, її інтенсивності та часом впливу на організм. Хоч поява захворювання на пневмокониоз датується ще за часів стародавньої Греції та Риму, ступінь захворюваності підвищилася із розвитком сучасної промисловості [1].

В структурі професійної захворюваності більшу частину передусім займають пилові захворювання органів дихання. Зросту таких захворювань сприяють шкідливі виробничі фактори: пил, алергени, подразнюючі та токсичні речовини у вигляді газів, диму, парів [2].

Так, у 2016 році у порівнянні з 2015 роком кількість професійних захворювань зменшилась на 9,1%, або на 161 профзахворювання (з 1764 до 1603). Серед них перше місце посідають хвороби органів дихання – 42,8% від загальної кількості по Україні [3].

Термін «пневмокониоз» (від грец. *pneumon* – легень, *conia* - пил) був запропонований у 1866 році F. A. Zenker. Назва об'єднує численні види пилових фіброзів легень [4].

Пневмокониози зустрічаються у робітників гірничорудної, вугільної, азбестової, машинобудівної та інших галузей промисловості, які вдихають різні види пилу протягом 5-15 років і більше. Загальною ознакою всіх видів пневмокониозів є розвиток інтерстиціального фіброзу. Найбільш вираженими фіброгенними властивостями володіє пил, що містить вільний двоокис кремнію. Менш небезпечний пил, що містить більшість силікатів, ще нижче фіброгенна активність пилу деяких металів, зокрема берилію. Певне значення у розвитку пневмокониозу мають форма і величина пилових частинок, їх концентрація та інші чинники. Так, найбільш небезпечним є дрібнодисперсний пил, що складається з частинок діаметром 0,5-7 мкм. Гранично допустима концентрація фіброгенного пилу коливається від 1 до 10 мг на 1 м<sup>3</sup> в залежності від вмісту

в ній вільного двоокису кремнію. Важливий етіологічний фактор пневмоконіозів - цитотоксичність пилу (руйнування пилом альвеолярних макрофагів).

У той же час на виникнення і розвиток пневмоконіозу впливають попередній стан органів дихання, імунологічний статус, алергічна реакція та ін. Кожен вид пневмоконіозу має свої особливості, обумовлені в першу чергу при гістологічному дослідженні.

Питання зменшення пилу на працівника за рахунок не тільки технічних заходів може полягати і в використанні засобів індивідуального захисту. Тому вибір наноматеріалів у фільтрах є актуальним питанням, тому що такі тканини мають малий опір диханню.

Класифікація захворювань від впливу пилу передбачає три основні групи [5].

1. Пневмоконіози, що розвиваються під впливом високо-і помірно фіброгенного пилу (із вмістом вільного діоксиду кремнію більше 10%): силікоз, антракосилікоз, силікосидероз, силікосилікатоз. Ці пневмоконіози найбільш поширені серед піскоструминників, обрубників, прохідників, робітників, зайнятих у виробництві керамічних матеріалів.

2. Пневмоконіози, що розвиваються на тлі впливу слабофіброгенного пилу, що містить вільний діоксид кремнію менше 10% або не містить його: силікатози (азбестоз, талькоз, каоліноз, пневмоконіоз на тлі впливу цементного пилу), карбоконіози (антракоз, графітоз, сажовий пневмоконіоз та ін), пневмоконіоз шліфувальників і наждачників, металококоніози або пневмоконіози, що розвиваються при вплив рентгеноконтрастних видів пилу (сидероз, в тому числі від аерозолу при електрозварюванні або газорізання залізних виробів) [6].

3. Пневмоконіози, що розвиваються при дії аерозолів токсико-алергічної дії (пил, що містить метали-алергени, компоненти пластмас та інших полімерних матеріалів, органічний пил та ін. Концентрація пилу не має вирішального значення у розвитку даної групи пневмоконіозів. Пневмоконіози розвиваються при незначному, але тривалому і постійному контакті з алергеном.

В табл. 1 наведені дані про професійні хвороби легенів та їх формування залежно від виду часток пилу і часу їх вдихання.

Таблиця 1

Професійні хвороби легенів в залежності від виду частинок, що вдихають та їх поширеність

Професійні хвороби		Поширеність	Час впливу симптомів
Двоокис кремнію	Гострий силікоз	Невідома	< 1 року
	Ускладнений силікоз	Невідома	3-10 років
	Хронічний (класичний) силікоз	12,8%	Десятиріччя
Азбест	Азбестоз	10-92%	роки
	Доброякісний плевральний випіт	3 %	< 20 років
	Плевральні бляшки	6-70%	роки
Вугілля	Простий пневмоконіоз вугільників	5%	Від років до десятиліть
	Ускладнений пневмоконіоз вугільників (прогресуючий масивний фіброз)	Невідома	Від років до десятиліть

В табл.2 наведено професії, що схильні до формування професійних захворювань.

Таблиця 2

Професійні хвороби та схильні до хвороб професії

Професійні хвороби легенів	Схильні до хвороб професії
Силікоз	Шахтарі, прохідники, фрезерувальники, гончарі, складуви, ливарні та кар'єрні робочі, будівники
Азбестоз	У першу чергу: шахтарі та фрезерувальники У другу чергу: корабельні будівники, судноремонтники, працівники з керамікою Непрямо: електрики, сантехніки, столяри
Пневмоконіоз	Вугільники

Найпоширенішим з усіх пневмоконіозів є силікоз. Він виникає від вдихання пилу кварцу (кремнезему), що містить двоокис кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) у вільному стані. Крім того, є багато мінералів, званих силікатами, які містять  $\text{SiO}_2$  не у вільному, а в зв'язаному стані. Їх пил також здатний викликати пневмоконіози, які отримали назву силікатозів. Термін "змішаний фіброгенний пил" означає комбінацію кремнію з іншим нефіброгенним пилом (вугільним, алюмінієвим, пилом заліза та ін) [7].

Для попередження розвитку професійного захворювання необхідно використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання. Вони за принципом дії поділяються на два типи: фільтруючі та ізолюючі. У відповідності з ГОСТ 12.04.034-77 «ССБТ. Засоби індивідуального

захисту органів дихання. Класифікація фільтруючі ЗІЗОД застосовуються при вмісті кисню у вдихуваному повітрі не менше 18 % і при обмежених концентраціях шкідливих речовин і при нестачі кисню. При використанні фільтрувальних ЗІЗОД респіраторів і протигазів повітря, що вдихає людина очищається за допомогою фільтрів від аерозолів (пилу, диму, туману), парів і газів [8].

Фільтруючі ЗІЗ органів дихання поділяються на три групи:

протиаерозольні (протипиллові) маски і респіратори;

протигазові респіратори і протигази;

універсальні респіратори і протигази, захищають від аерозолей, парів і газів при одночасному їх присутності в повітрі робочої зони. При цьому марка універсального респіатора (протигаза) визначається природою шкідливих парів або газів.

У протиаерозольних і універсальних фільтруючих респіраторах використовуються фільтруючі матеріали І. В. Петрянова (ФПП-15, ФПП-70), що мають високу захисну ефективність по відношенню до найбільш високодисперсних проникаючих аерозолів (з діаметром частинок 0,3 – 0,4 мкм). У деяких конструкціях протипиллових респіраторів для уловлювання грубодисперсних аерозолів застосовується пористий пінополіуретан (респіратор У - 2к).

Для очищення повітря від шкідливих газів і парів у склад фільтруючих елементів протигазових і універсальних ЗІЗОД входять спеціальні сорбенти: активоване вугілля, хімічні поглиначі різної природи і властивостей, каталізatori.

Конструктивно респіратори виконуються:

у вигляді фільтруючих масок, коли лицьова частина одночасно є і фільтруючим елементом (респіратори ШВ – 1 «Пелюстка», У - 2к, «Снежок - КУ» і ін.);

у вигляді патронних респіраторів (респіратори «Астра - 2», Ф – 62, та ін.), в яких фільтруючі елементи виконані у вигляді патронів, сполучених з напівмаски.

Респіратори використовуються для захисту від пилу, диму і шкідливих газів, які можуть потрапити в організм через верхні дихальні шляхи.

На сьогоднішній день респіратори відносять до найбільш надійних і сучасних засобів захисту, проте не всі вони можуть похвалитися хорошим рівнем захисту.

Через деякі з них все одно просочуються шкідливі речовини, які потім можуть осідати в легенях, завдаючи таким чином дуже серйозної шкоди організму людини.

Оскільки респіратори типу «фільтрувальна півмаска» мають порівняно низьку фільтрувальну поверхню, їх застосовують при концентрації пилу до 100 мг/м<sup>3</sup>. При застосуванні їх у таких умовах строк придатності становить одну робочу зміну (6-8 год.), крім випадків, коли документами виробника встановлено інший строк. Знакою виходу з ладу цих респіраторів є відчуття користувачем дискомфорту через збільшення опору диханню, підвищення температури та вологості в підмасковому просторі. Використання цих засобів має разовий характер.

При роботі з пилоподібними речовинами, при обприскуванні розчину малій леткості застосовуються наступні типи протипиллових респіраторів.

Респіратор-маска ШБ-1 «Пелюстка-200» (рис. 1а) виготовлений з матеріалу ФПП-15-15. Призначений для захисту від дрібнодисперсних аерозолів при їх концентрації до 200 ГДК.

Респіратор-маска ШБ-1 «Пелюстка-40» (рис. 1б) виготовлений з матеріалу ФПП-70-0,5. Призначений для захисту від пилу при концентрації її до 40 ГДК.

Респіратор-маска ШБ-1 «Пелюстка-5» виготовлений з матеріалу ФПП-70-0,2. Призначений для захисту від грубодисперсних пилу при їх концентрації до 5 ГДК.

Всі три респіратори – безклапанні, у зв'язку з чим застосовувати їх при негативних температурах, а також при наявності опадів (дощу або мокрого снігу) не рекомендується, тому що, намокаючи, ці респіратори різко збільшують опір диханню і можуть обмерзати.

З цієї причини їх не рекомендується застосовувати при температурі понад 28° С. Ці респіратори можуть застосовувати і у випадку токсичних або радіоактивних аерозолів з тривалістю не більше однієї зміни.



**Рис. 1.** Види респіраторів типу «Пелюстка»: *a* - респіратор-маска ШБ-1 «Пелюстка-200», *б* - респіратор-маска ШБ-1 «Пелюстка-40», *в* - «Пелюстка-5»

Противопиловий респіратор У-2к (рис.2 *a*) також відноситься до фільтр-масок, але має клапани входу і виходу. Він виготовляється трьох розмірів – 1, 2, 3. Однак конструкція напівмаски, що має платочний обтюратор, невдала. Пил, потрапляючи на плівку по лінії обтюрації, викликає роздратування шкіри особи. При високій запиленості підсмоктування в підмасочний простір перевищує ГДК, а опір фільтра дуже швидко наростає. Всі ці недоліки обмежують застосування респіратора У-2к при запиленості повітря, що перевищує  $25\text{мг/м}^3$ . також як і назва вище марки, респіратор У-2к не має змінних фільтрів і не може бути використаний протягом декількох днів. В разі токсичної або радіоактивного пилу респіратор У-2к не придатний.



**Рис. 2.** Види патронних респіраторів: *a* - протипиловий респіратор У-2к; *б* - респіратор «Астра-2»; *в* - респіратор Ф-62Ш

Респіратор «Астра-2» (рис.2 *a*) являє собою гумову маску з двома знімними пластмасовими патронами, забезпеченими гофрованими фільтрами з фільтруючого матеріалу В. В. Петрянова (ФПП-15). Він може застосовуватися для захисту від пилу будь-якого ступеня дисперсності при концентрації до 200 ГДК. Напівмаска респіратора «Астра-2» має два розміри – 1 і 2.

Респіратор Ф-62Ш, так само як і «Астра-2», - патронний. Він являє собою гумову полумаску з одним пластмасовим патроном, спорядженим гофрованим фільтром (ФПП-15). Фільтр респіратора двоскладний, що трохи збільшує його початковий опір. Він призначений для захисту органів дихання шахтарів, проте може застосовуватися і в інших галузях народного господарства. Напівмаска для цього респіратора випускається трьох розмірів – 1, 2 і 3.

Час захисної дії усіх фільтрів протипилових респіраторів (ШБ-1, «Пелюстка», У-2к, Ф-62Ш і «Астра») визначається часом наростання опору входу.

Респіратор РУ-60М застосовується для захисту органів дихання від парів, газів, пилу, диму, туману, одночасно присутніх в повітрі робочої зони. Респіратор РУ-60М являє собою гумову полумаску з двома спеціальними фільтруючими патронами, виготовленими з матеріалу ФПП-15.

Респіратор РПГ-67 конструктивно схожий на респіратор РУ-60М. Відмінність полягає в тому, що його патрони не мають протиаерозольного фільтра і тому він не захищає від аерозолів. Патрони цього респіратора уніфіковані за місцем їх з'єднання з напівмаски і, отже, є взаємозамінними.

Практика показує, що респіратори РУ-60М і РПП-67 є надійним засобом захисту органів дихання при концентрації вдихуваних парів шкідливих речовин, яка не перевищує 10-15 ГДК. При більш високих концентраціях ці респіратори малоефективні.

Універсальний респіратор «Сніжок-КУ», призначений для захисту органів дихання від кислих газів, парів і пилу, побудований на принципово новій основі: у ньому в якості сорбенту використовуються іонообмінні волокнисті матеріали. Це – легкий респіратор. За своїм гігієнічними та експлуатаційними властивостями він наближається до протипилових респіраторів марки ШБ-1 «Пелюстка», а по захисним не поступається респіраторам марки РУ-60М. Перевагою респіраторів марки «Сніжок-КУ» є можливість їх нескладної регенерації, що дозволяє використовувати фільтри неодноразово.

В Україні продовжують виготовлятися, імпортуватися і використовуватися багато моделей ЗІЗОД, розроблених ще в середині минулого століття: респіратори «Пелюстка», У-2К, РПГ-67, Ф-62Ш, РУ-60, шолом-маски ШМП та ін.

Для захисту органів дихання від парів і газів на респіратори РПГ-67 і РУ-60 м встановлюються різні фільтри, термін служби яких залежить від концентрації шкідливих речовин, умов роботи та інших обставин. Маса цих респіраторів близько 300 гр.

Щоб респіратор запобіг потраплянню шкідливих речовин в органи дихання, необхідно:

1. Ізолювати, відокремити органи дихання від навколишнього забрудненого повітряного середовища. Для цього використовують різні лицьові частини напівмаски, маски тощо).

2. Потрібне очищене повітря для дихання. У фільтруючих респіраторах забруднене повітря очищається протиаерозольним та/або протигазними фільтрами.

Коефіцієнт захисту респіратора – випадкова величина; він може змінюватися в дуже широких межах при використанні однакових респіраторів високої якості в однакових умовах. У виробничих умовах коефіцієнт захисту може знижуватись через проникнення невідфільтрованого повітря через зазори між маскою і особою. Також необхідно враховувати індивідуальні особливості працюючого до впливу пилу, що пояснюється ефектом «здорового робітника».

Раніше нанотканину запатентував в Америці вчений Джеф Оуенс (Jeff Owens), що працює у ВПС США (USAF). Принцип створення нової тканини: мікрохвилі імплантують наночастинки в тканину. Набір хімікатів з'єднується з поверхнею наночастинок, утворюючи покриття, що відштовхує воду і усуває запахи, бруд, піт і бактерії. Ця нанотехнологічна тканина для одягу, здатна вбивати бактерії, розкласти бруд і піт, і легко пропускати вологу назовні, відштовхуючи зовнішню воду. Нещодавно ця технологія була ліцензована для лондонської компанії Alexium, яка розвиває цивільні товари на цій основі: від спортивного одягу до постільної білизни в госпіталах і одягу для медиків [9].

Вчені з МФТІ і Інституту теоретичної та експериментальної біофізики РАН синтезували новий матеріал, який можна використовувати в фільтрах для захисту органів дихання. Це майже невагома тканина з нейлонових волокон не більш 15 нанометрів в діаметрі. Для отримання матеріалу вчені використовували метод електропрядіння [10]. В сторону підкладки під дією електричного поля викидається струмінь розчиненого полімеру, а з іншого боку від мішені розпорошується етиловий спирт. Стикаючись в повітрі, ці пари осідають на мішені.

Щільність нового матеріалу – 10-20 міліграм на квадратний метр, і при цьому він вийшов практично повністю прозорим (пропускає близько 95 % світла). Проведені випробування показали, що такі невагомі і практично невидимі тканини затримують не менше 98% часток пилу в прохідному повітрі. Вчені використовували частинки від 0,2 до 0,3 мікрометрів діаметром, саме такі субмікронні пилинки не затримуються носоглоткою, а проникають у легені і провокують багато небезпечні захворювання.

**Висновки.** Вплив виробничих шкідливих факторів обумовлює формування несприятливих реакцій організму, погіршення стану здоров'я, втрати працездатності. Важливу роль у зменшенні нещасних випадків і професійних захворювань відіграє розробка і впровадження колективних засобів захисту: санітарно-гігієнічних, технічних та інших заходів. Однак не завжди ці заходи виявляються досить ефективними. У цьому випадку використовуються індивідуальні засоби захисту від дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Використання респіраторів дозволяє знизити пиловий вплив на працівника і запобігти розвитку захворювань пилової етіології. Сучасним матеріалом для респіраторів можуть бути фільтротканини з наноматеріалів, що вловлюють частки малих розмірів, не знижують опір ди-

ханню. Основною перевагою таких респіраторів слід відзначити невелику вагу, а також мінімальний опір диханню. Остання характеристика дозволяє перебувати в захисному засобі протягом кількох годин. Тиск на працівника буде знижено, що виключить дискомфорт.

### Список літератури

1. Гринберг А.В., Буданова Л.Ф. Пневмокониозы / Справочник профпатолога // Л.: Медицина, 1977. С. 255-287.
2. Швагер Н.Ю., Комісаренко Т.А. /Основи гігієни праці // Кривий Ріг.- видавничий центр ДВНЗ КНУ. - 2017
3. Дербін О.В. Аналіз виробничого травматизму та профзахворюваності за 2016 рік. Журнал: Все про охорону праці. – К., 2017, №2, с. 16-17
4. Измеров Н.Ф., Монашенкова А.М., Артамонова В.Г. и др. Профессиональные болезни // Руководство для врачей: В 2 т. Т.1. М., 1996. С. 23-38.Классификация пневмокониозов. Методические рекомендации. М., 1996.:
5. Полякова И.А. / Пневмокониозы // В кн: Респираторная медицина. Руководство под ред. А.Г.Чучалина, том 2. М., "Гэотар- Медиа", 2007, с.335-351.
6. Краснюк Е.П. Пылевые заболевания легких у рабочих промышленного производства Украины // Український пульмонологічний журнал. 1998. № 4. С. 13-16.
7. ГОСТ 12.04.034-77ОСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
8. ГОСТ 12.4.034-2001 - Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка
9. Seaton A. Silicosis // Ed. by Morgan W.K., Seaton A. Occupational Lung Diseases. — 3<sup>rd</sup> ed. — London: WB Saunders, 1995. — P. 222267.
10. <http://invaders.com.ua/tech/4505>

Рукопис подано до редакції 03.03.17

UDK 656.11

V. O. Sistuk, Ph.D., Associated Professor, Kryvyi Rih National University

## MICROSCOPIC SIMULATION OF ROAD TRAFFIC CONGESTIONS AT T- AND X-INTERSECTIONS

**The goal of research.** The additional measures for road safety improving on T-shaped intersection with X-shaped one in Kryvyi Rih were introduced in the article. The research object is a road traffic congestion of uncontrolled intersection with main and minor roads. The aim of the study is to determine problem and areas unsafe for vehicle and pedestrian traffic. The part of the road under study consists of T- and X-intersections that may cause the following problems: traffic intensity exceeds the intersection capacity, both drivers and pedestrians violate traffic rules, warning signs are absent or improperly arranged.

**Methods.** Visual observation and simulation modelling were used in the study.

**Scientific value.** The developed simulation model of the intersection in microscopic flow simulation software PTV VISSIM taking into account field data of vehicle and pedestrian flows densities indicators is seen scientific value.

**Practical utility.** Based on the simulation it was determined that an impressive traffic queue take place from Ivan Avramenko St. to Cosmonauts St. with the direction changing to the opposite and left-turning streams from Cosmonauts St. to Ivan Avramenko St. The results of intersection simulation shows a congestion of 11 vehicles on average that increases vehicles' passing time for this part of the road. Also, there is no safe access to the bus stop.

**Results.** On the basis of the obtained data on the passing time and the congestion length additional measures for increasing safety are suggested that consist in establishing an uncontrolled crosswalk to provide safe access to the bus stop, developing the project to remove the starting bus stop onto the minor road and widening the unsafe part of the road.

**Keywords:** uncontrolled intersection, simulation modelling, traffic safety, passenger transport, crosswalk, traffic congestion.

**Problem Setting.** Motorways are a source of hidden dangers. The problem of safety is gaining greater importance along with motorway network increase. In Ukraine the total length of roads makes over 170 000 km and is still growing. Roads are being repaired and improved; new types of surface are appearing, new warning signs are being installed. But all these measures do not always secure traffic safety. Accidents and hazardous situations are often caused by drivers as well as pedestrians. The most common places of danger are uncontrolled intersections where not all necessary signs are installed and the traffic density is above standard [1, 2]. Without proper warning or priority signs the driver passing the intersections for the first time can cause an accident. So can pedestrians unwilling to get to the crosswalks.