



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
 д.т.н., проф.
 ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.
 ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
 проф.
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
 СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.
 ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.
 УШАКОВ И. Б., акад. РАН,
 д.м.н., проф.
 ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
 д.т.н., проф.
 ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,
 д.м.н., проф.
 АНТОНОВ Б. И.
 (директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Редакционная коллегия:

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.
 БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
 ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
 (Польша)
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
 КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
 КИРСАНОВ В. В., д.т.н., проф.
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
 проф.
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
 проф.
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
 ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.
 (Польша)
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

2(206)
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

- Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю.** Совершенствование техники и технологии очистки воздуха от вредных примесей при локальной защите оператора мобильных и стационарных объектов 3
- Мурзинов В. Л., Манохин В. Я., Головина Е. И.** Модель гранулометрического состава пыли от дробеструйных установок литейного производства 11
- Семенов В. Н., Иванов И. В., Макеев Б. А.** Порядок проведения экспертных исследований несчастных случаев при водолазных погружениях 17

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Кондратьева О. Е., Локтионов О. А., Гашо Е. Г., Королев И. В., Боровкова А. М., Чувинова С. А.** Оценка влияния выбросов парниковых газов на показатель общей смертности населения Москвы 25

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Мартынов А. А., Майбенко Н. И., Плотникова Ю. А.** Программное обеспечение расчетов температуры воздуха в тупиковых выработках глубоких шахт 32

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Катин В. Д., Березуцкий А. Ю.** Новое газомазутное горелочное устройство с малым выбросом оксидов азота для нефтезаводских печей 43

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Петров В. А., Иванов А. О., Каширин М. А., Михеев В. А.** Применение воздушных сред с пониженным содержанием кислорода для обеспечения пожарной безопасности герметичных обитаемых объектов 47

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Полоник С. С., Хоробрых Э. В., Литвинчук А. А.** Оценка влияния экологического фактора на конкурентоспособность регионов Республики Беларусь в целях обеспечения безопасности 51

ОБРАЗОВАНИЕ

- Мессинева Е. М., Фегисов А. Г.** Проблемы перехода на ФГОС 3++ с учетом требований профессиональных стандартов для укрупненной группы направлений "Техносферная безопасность" 59

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, включен в систему Российского индекса научного цитирования и Международную базу данных CAS (Chemical Abstract).



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R. A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
SOKOLOV E. M., Dr. Sci. (Tech.)
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)
USHAKOV I. B., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phys.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

2(206)
2018

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

- Mikhajlov V. A., Sotnikova E. V., Calpina N. Yu.** The Improvement Technique and Technology of Air Purification from Harmful Impurities for Local Protection of Mobile and Stationary Objects 3
Murzinov V. L., Manohin V. Ya., Golovina E. I. The Model is the Granulometric Composition of Dust from Blast Machines Foundry 11
Sementsov V. N., Ivanov I. V., Makeev B. A. Expert Investigations of the Diving Accidents 17

POPULATION HEALTH PROTECTION

- Kondrateva O. E., Loktionov O. A., Gasho E. G., Korolev I. V., Borovkova A. M., Chuvirova S. A.** Assessment of the Impact of Greenhouse Gas Emissions on the Total Mortality Rate of Population of the City of Moscow 25

INDUSTRIAL SAFETY

- Martynov A. A., Maybenko N. I., Plotnikova Yu. A.** Software for Air Temperature Calculation in Blind Drifts of Deep Mines 32

ENVIRONMENT PROTECTION

- Katin V. D., Berezutski A. Yu.** New Oil-Gas Burner Device with Low Emission of Nitrogen Oxides for Refinery Furnaces 43

FIRE SAFETY

- Petrov V. A., Ivanov A. O., Kashirin M. A., Miheev V. A.** Use of Air with Reduced Oxygen Content to Ensure Fire Safety of Hermetic Habitable Objects 47

REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Polonik S. S., Khorobrykh E. V., Lytvynchuk A. A.** Assessment of the Impact of the Environmental Factor on the Competitiveness of the Regions of the Republic of Belarus in Order to Ensure Security 51

EDUCATION

- Messineva E. M., Fetisov A. G.** Problems of Transition to the Next Generation of the Federal State Educational Standards of Higher Education Connected with the Requirements of Professional Standards for the Enlarged Destinations Group "Technosphere Safety" 59

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: bjd@novtex.ru

УДК 338.436.33

В. А. Михайлов, д-р техн. наук, проф., **Е. В. Сотникова**, канд. хим. наук, доц.,
e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru, **Н. Ю. Калпина**, канд. техн. наук, доц.,
Московский политехнический университет

Совершенствование техники и технологии очистки воздуха от вредных примесей при локальной защите оператора мобильных и стационарных объектов

Рассмотрена технология и техника очистки воздуха для локальной защиты оператора от воздействия вредных твердых, газообразных и парообразных примесей, характерных для условий эксплуатации мобильных и стационарных объектов. Показано, что существующие аппараты сухой очистки воздуха имеют узконаправленное применение и не отвечают современным требованиям "Экологической концепции" ГОСТ Р 57326—2016/ISO/TR 14062:2002. Предложена технология мокрой очистки воздуха в интенсифицированной насадке регулярной структуры из пластин пористой пластмассы, орошаемой водой с растворенными в ней активными химическими добавками $KMnO_4$ и Na_2CO_3 , способной защитить оператора от воздействия вредных примесей, с технической реализацией этой технологии в едином для всех случаев локальном водоиспарительном аппарате, где воздух к тому же охлаждается. В таком аппарате широко использованы узлы и детали, выпускаемые промышленностью, он удобен в обслуживании и может быть усовершенствован путем введения в его конструкцию интенсифицированной насадки со сниженной материалоемкостью, пластины которой могут производиться по отработанному в нашей стране безотходному технологическому циклу с горячим формованием их под давлением из смеси порошкового термoplastа и хлористого натрия.

Ключевые слова: локальная защита оператора, твердые, газообразные и парообразные примеси в воздухе, сухая и мокрая очистка воздуха, адсорбция, абсорбция, хемосорбция и конденсация примесей, орошаемая насадка регулярной структуры, интенсификация тепло- и массообмена, активные растворимые в воде химические добавки, охлаждение воздуха

Введение

В настоящее время на рабочих местах мобильных и стационарных объектов в ряде случаев используются аппараты локальной защиты операторов от воздействия вредных факторов окружающей воздушной среды.

Необходимость в этом обусловлена тем, что при работе машин и технологического оборудования в атмосферу выделяются вредные для здоровья человека твердые частицы (ТЧ) и газообразные примеси (ГП), в частности, в воздухе около кабин тракторов, строительно-дорожных машин, карьерных самосвалов, мостовых цеховых кранов и др. содержатся пыль и сажа, а также монооксид углерода, оксиды азота, углеводороды [1—3]. При паяльных работах в воздухе присутствуют пары олова, свинца, канифоли, а при запайке пластмасс (например, полиэтиленовых изделий) в него поступают пары фенола, стирола, ацетальдегида и уксусной кислоты [4].

Учитывая особенности условий эксплуатации указанных объектов, разработаны соответствующие им достаточно эффективные локальные

очистители воздуха. Однако из-за технической разобщенности разработчиков ввиду отсутствия единой системной стратегии при создании аппаратов по сути одного и того же функционального назначения реализованы разнохарактерные не унифицированные между собой устройства узконаправленного применения [5], что не отвечает современным требованиям "Экологической концепции" ГОСТ Р 57326—2016/ISO/TR 14062:2002, перечисленным ниже.

1. Повышенная эффективность использования путем совмещения выполняемых функций.
2. Унификация путем использования в конструкции освоенных промышленностью деталей и узлов.
3. Повышенная долговечность за счет увеличения срока службы и облегчения технического обслуживания.
4. Возможность восстановления и рециклирования.
5. Способность к дальнейшему совершенствованию конструкции с учетом появления инновационных технических и технологических решений.



В связи с указанными требованиями ставится задача по совершенствованию техники локальной защиты оператора на основе рациональной технологии обработки воздуха.

Аппараты сухой очистки воздуха

В известных разработках [1, 2, 4], содержащих в качестве первой ступени контактный сухой фильтр механической очистки воздуха от высокодисперсной пыли (менее 5 мкм), для улавливания ряда газообразных примесей используется технология их адсорбции на твердых поглотителях [6], обладающих различной пористой структурой (активные угли, цеолиты, силикагели и др.). Это явление обусловлено наличием сил притяжения между молекулами адсорбента и поглощаемых ГП на границе соприкасающихся фаз, в результате чего осуществляется физическая адсорбция, поскольку ГП не вступают в химическую реакцию с материалом адсорбента. Для удаления из воздуха оксидов азота NO_x и углеводородов C_mH_n наиболее предпочтительным является активный уголь [6]. Однако монооксид углерода CO им не улавливается, и здесь необходима химическая адсорбция (химическое взаимодействие между соответствующим адсорбентом и CO), т. е. в конструкции должна быть дополнительная ступень очистки от такой ГП. Для этого применяют каталитическую очистку газов [6].

Каталитически активное вещество (основа катализатора), вступающее в реакцию обменного действия, наносится на пористые вещества, обладающие развитой поверхностью (силикагели, алюмосиликаты, цеолиты и др.). Существуют так называемые независимые "активные катализаторы", которые целиком состоят из активного материала, включая и носитель, в связи с чем они более предпочтительны для использования. К их числу относят смесь оксидов меди и марганца (хопкалиты или гопкалиты).

Так, по данным работы [1] в конструкции очистителя воздуха кабины мостового крана были рекомендованы двухкомпонентный гидролизный гопкалит (60 % MnO_2 , 25 % CuO и 15 % каустической соли NaOH). При химической реакции окисления CO в CO_2 указанными гопкалитами выделяется теплота. Из-за этого при эффективности окисления до 95 % температура обрабатываемого воздуха может подняться до 60 °С [1]. Это вызывает необходимость введения в конструкцию очистителя дополнительной ступени его охлаждения [6], что существенно усложнит аппарат в целом. Для обеспечения эффективности работы такого адсорбера необходимо, чтобы скорость воздуха в его сечении не превышала 0,25 м/с, что обуславливает увеличение размеров аппарата.

По данным работы [1] при расчетной подаче на оператора воздуха в количестве 100 м³/ч диаметр

адсорбера составил 540 мм при толщине слоя адсорбента 280 мм. Однотипный локальный очиститель воздуха без его охлаждения применялся в кабине карьерных самосвалов. Следует отметить также, что ресурс действия твердых адсорбентов для поглощения ГП при напряженных условиях эксплуатации ограничен. Поэтому их периодически необходимо заменять на новые, для чего требуется полная разборка аппарата. Поскольку регенерация блоков адсорбентов затруднена, на практике их часто просто направляют в отходы.

Что же касается такого специфического объекта, как очиститель воздуха для оператора при проведении им паяльных и сварочных работ, то согласно информации из работы [4] разработан аппарат, функционирующий на основе плазмокаталитического метода в расчете на подачу 50...10 м³/ч воздуха (без его охлаждения). При этом габаритные размеры аппарата составляют 0,2×0,2×0,5 м, что связано с введением в каталитический реактор дорогостоящего плазменного элемента, активирующего процесс очистки ГП путем повышения температуры обрабатываемого воздуха [6]. Таким образом, и в этом аппарате на оператора подается подогретый воздух, что недопустимо с точки зрения обеспечения его тепловой защиты. Указанные недостатки сухой очистки воздуха вызывают необходимость поиска ее альтернативы.

Мокрая очистка воздуха

Установлено, что высокоэффективная механическая очистка воздуха от мелкодисперсных ТЧ может быть обеспечена в орошаемой водой интенсифицированной насадке регулярной структуры, где температура обрабатываемого воздуха снижается [7]. Такое положительное качество насадки обусловило целесообразность рассмотрения возможности осуществления в ней очистки воздуха от газообразных примесей.

Технология очистки воздуха от ГП может быть реализована в процессах абсорбции и хемосорбции, когда вредные компоненты поглощаются жидким абсорбентом с образованием раствора [6]. Процесс протекает тем быстрее, чем больше поверхность раздела фаз "воздух-жидкость" и обеспеченность турбулентности воздушного потока. При этом важным условием при выборе абсорбента является растворимость в нем извлекаемого летучего компонента, которая возрастает при понижении температуры жидкости. В процессе хемосорбции при поглощении газов образуются малолетучие или выпадающие в осадок химические соединения. Отметим, что насадка регулярной структуры, имеющая развитую поверхность, в которой процесс обработки воздуха

Возможности мокрой очистки воздуха в орошаемой насадке

Наименование примеси	Химическая формула	Агрегатное состояние	Растворимость в воде	Технология очистки	Активный компонент
Сажа	—	Взвесь	Нет	Механическая	—
Пыль	—	Взвесь	Нет	Механическая	—
Монооксид азота	NO	Газ	Нет	Хемосорбция	KMnO ₄
Диоксид азота	NO ₂	Газ	Да	Хемосорбция	Na ₂ CO ₃
Монооксид углерода	CO	Газ	Нет	Хемосорбция	KMnO ₄
Ацетилен	C ₂ H ₂	Газ	Нет	Хемосорбция	KMnO ₄
Этилен	C ₂ H ₄	Газ	Да	Хемосорбция	KMnO ₄
Пропилен	C ₃ H ₃	Газ	Да	Хемосорбция	KMnO ₄
Формальдегид	CH ₂ O	Газ	Да	Абсорбция	—
Фенол	C ₆ H ₅ OH	Пары	Нет	Конденсация	—
Стирол	C ₈ H ₈	Пары	Да	Хемосорбция	KMnO ₄
Ацетальдегид	CH ₃ CHO	Пары	Да	Хемосорбция	KMnO ₄
Уксусная кислота	CH ₃ COOH	Пары	Да	Хемосорбция	Na ₂ CO ₃
Канифоль	—	Пары	Нет	Конденсация	—
Олово	—	Пары	Нет	Конденсация	—
Свинец	—	Пары	Нет	Конденсация	—

интенсифицирован за счет искусственной турбулентности, сопровождающейся снижением температуры воздуха, полностью отвечает рациональным условиям для обеспечения технологии абсорбции и хемосорбции.

В рассматриваемом случае жидким абсорбентом является вода. В качестве же растворенных в ней химически активных добавок в работе [3] рекомендованы недефицитные бикарбонат натрия Na₂CO₃ (техническая сода) и перманганат калия KMnO₄ (марганцовка) для осуществления хемосорбции ГП. Что же касается возможности охлаждения воздуха в насадке, то значение его температуры по сухому термометру после насадки, °С, может быть оценено по выражению [3]:

$$t_a = t - E_a(t - t_m), \quad (1)$$

где t и t_m — начальные температуры воздуха соответственно по сухому и мокрому термометрам, °С; E_a — температурный коэффициент для оценки степени снижения температуры обрабатываемого воздуха при адиабатном увлажнении.

Коэффициент E_a определяют по формуле [3]:

$$E_a = (t - t_a)/(t - t_m). \quad (2)$$

Приняв для примера $t = 40$ °С и $t_m = 20$ °С при $E_a = 0,75$, по выражению (1) получим $t_a = 25$ °С. При этом по данным работы [7] температура орошающей воды t_b при адиабатном испарительном охлаждении приобретает значение равное t_m , т. е. $t_b = t_m = 20$ °С, что способствует повышению растворимости в ней газов. В таблице приведены перечень вредных примесей в воздухе и примеры технологии их мокрой очистки в насадке.

Технология мокрой очистки воздуха

Используя информацию из работы [3], продемонстрируем технологию очистки воздуха от оксидов азота, углерода и углеводородов.

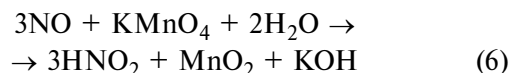
Диоксид азота NO₂ хорошо растворяется в воде:



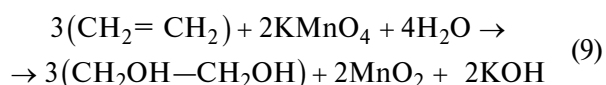
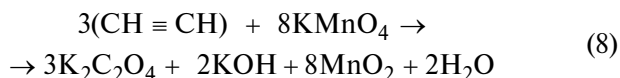
Поскольку смесь полученных азотной и азотистой кислот неустойчива, необходимая реакция здесь достигается с помощью Na₂CO₃:

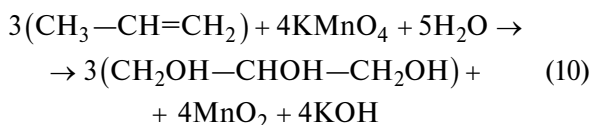


Монооксид азота NO плохо растворяется в воде, но может быть окислен KMnO₄:



Монооксид углерода CO и непредельные (ненасыщенные) углеводороды ацетилен C₂H₂ (или CH≡CH), этилен C₂H₄ (или CH₂=CH₂), пропилен C₃H₆ (или CH₃-CH=CH₂) также могут быть окислены KMnO₄:





Таким образом, эти четыре компонента нейтрализуются. Причем оксалат калия ($\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$), глицерин ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$) и диоксид марганца (MnO_2) безвредны для человека, а этиленгликоль ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$), хотя и ядовит, но представляет опасность для человека только в случае попадания внутрь его организма.

Гидроксид калия KOH в растворе вступает в реакцию с HNO_3 и HNO_2 , образуя относительно безвредные нитрат и нитрит калия:

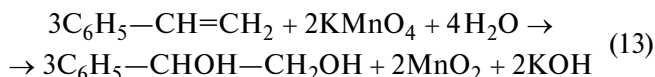


Относительно других летучих компонентов можно сказать следующее.

Формальдегид CH_2O хорошо растворяется в воде с образованием раствора формалина (абсорбция). Поскольку концентрация формальдегида в холодном растворе относительно невелика, его пары не будут возвращаться в воздух, в связи с чем нейтрализация в растворе не требуется.

Фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ — твердое кристаллическое вещество [8]. При контакте его паров с холодной водой в насадке пары конденсируются и в виде мелкодисперсных фракций, т. е. по существу пыли, вымываются из проходящего через насадку воздуха, оседая затем в поддоне емкости с водой.

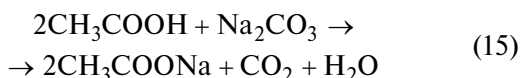
Стирол C_8H_8 (или $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$) окисляется KMnO_4 :



Ацетальдегид CH_3CHO (или $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$) окисляется KMnO_4 :



Пары уксусной кислоты хорошо растворяются в воде, содержащей техническую соду, и вступают с ней в реакцию:



Канифоль — хрупкое стекловидное вещество. При контакте ее паров с холодной водой в насадке они конденсируются и в виде мелкодисперсных фракций оседают в емкости с водой. Пары олова и свинца так же, как фенола и канифоли, в виде конденсата в холодной воде поступают в ту же емкость.

Техника мокрой обработки воздуха

Ответственным техническим узлом, совмещающим функции охлаждения воздуха с его очисткой от высокодисперсной пыли, газообразных и парообразных примесей, является орошаемая интенсифицированная насадка регулярной структуры, вариант формирования воздушных каналов в которой представлен на рис. 1.

Насадка собирается в пакет из двоянных гигроскопичных пластин пористой пластмассы (мипласта) толщиной δ , снабженных вертикальными и наклонными выступами треугольного сечения высотой h_b , при наложении которых друг на друга вершинами образуются воздушные каналы шириной b_p . При обтекании вертикальных выступов в каналах за счет периодического дросселирования около их вершин и закручивания в местах пересечения этих и наклонных выступов поток воздуха турбулизуется.

Выбор конструктивных параметров и функциональных показателей насадки осуществляется с помощью математических выражений [7]:

$$l = -38,17v^{0,2}b_p^{1,2} \ln(1 - E_a); \quad (16)$$

$$F = -76,33L \left(\frac{b_p^{0,2}}{v^{0,8}} \right) \ln(1 - E_a); \quad (17)$$

$$n_k = \frac{L}{b_p h v}; \quad (18)$$

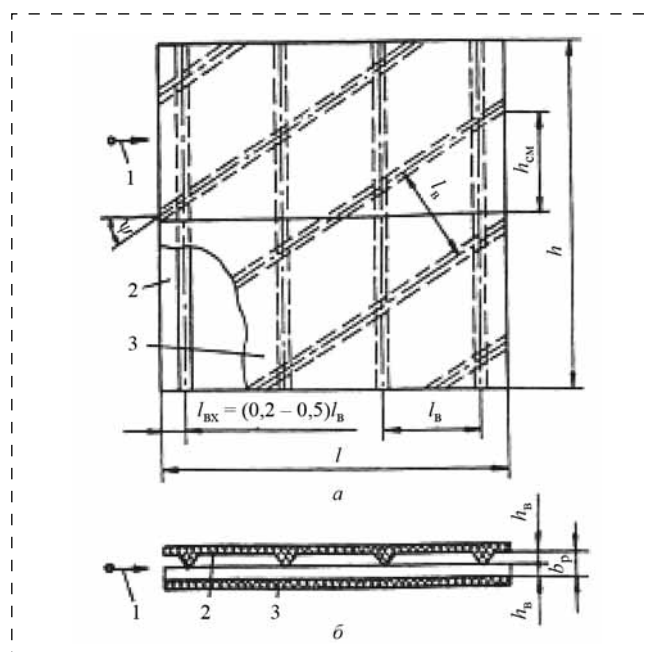


Рис. 1. Схема формирования воздушных каналов в орошаемой насадке регулярной структуры из пластин пористой пластмассы с искусственной турбулизацией:

a — общая схема; b — структура воздушного канала; 1 — поток воздуха; 2, 3 — пластины с наклонными и вертикальными выступами

$$b = (b_p + 2\delta)n_k; \quad (19)$$

$$\eta_{\text{п}} = 1 - e^{1,89 \ln(1 - E_a)}. \quad (20)$$

Здесь F — площадь поверхности испарения пластин в насадке, м^2 ; L — объемный расход воздуха в насадке, $\text{м}^3/\text{с}$; v — скорость воздуха в каналах насадки, $\text{м}/\text{с}$; n_k — число воздушных каналов в насадке, шт.; b — общая ширина насадки, м ; $\eta_{\text{п}}$ — степень (эффективность) очистки воздуха от пыли.

Оценку параметров насадки проведем в сравнении с адсорбером [1] при расходе воздуха $L = 0,028 \text{ м}^3/\text{с}$ ($100 \text{ м}^3/\text{ч}$) и расчетных значениях $E_a = 0,75$ [7]; $h = 0,15 \text{ м}$; $v = 1,5 \text{ м}/\text{с}$; $b_p = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ [9]. В результате получим: $l = 0,076 \text{ м}$; $F = 0,71 \text{ м}^2$; $n_k = 31$ шт.; $b = 0,167 \text{ м}$; $\eta_{\text{п}} = 0,928$. Таким образом, габаритные размеры насадки $76 \times 150 \times 167 \text{ мм}$ существенно меньше размеров (высота — 280 мм , диаметр — 500 мм) слоя адсорбента при одинаковой подаче в аппарате-аналоге [1].

Что же касается достигнутой эффективности очистки воздуха от высокодисперсной пыли $\eta_{\text{п}} = 0,928$, то она соответствует пылеуловителям I класса [6] и поэтому вполне приемлема в рассматриваемом случае. Степень же очистки воздуха от газообразных примесей здесь теоретически оценить не представляется возможным и является предметом специального исследования. Вместе с тем, по данным работы [10] на примере очистки воздуха от диоксида азота при наличии в воде Na_2CO_3 достигнута эффективность $\eta_{\text{г}} = 0,92...0,96$.

Насадка является элементом, входящим в состав водоиспарительного аппарата, конструктивная схема которого представлена на рис. 2. Насадка 4 установлена в корпусе 3 аппарата между поддоном 22 и крышкой 10, в передней части которой со стороны воздушного потока 7 смонтирован водораспределитель 8. Предварительно этот поток проходит через решетку 5 с сетчатым фильтром 6, защищающим водоиспарительный аппарат от поступления в него случайных крупных предметов и частиц.

От водораспределителя 8 на фронтальную часть насадки 4 вода подается в виде потока 9 тонких струй, которая поступает сюда по нагнетательному шлангу 2 с помощью погружного насоса 1. При заправке аппарата вода заливается в корпус 3 через горловину 19, снабженную закручивающимся колпачком 20 в рабочем положении. Уровень воды контролируется с помощью прозрачного шланга 24, нижний конец которого закреплен в донной части корпуса с помощью уплотнителя 25, а верхний — свободно проходит в корпус через втулку 21. Указателем предельного (рабочего) верхнего уровня воды в корпусе служит закрепленное на шланге 24 цветное кольцо 23.

На перегородке 11 над насадкой 4 закреплен осевой вентилятор 17, напротив которого

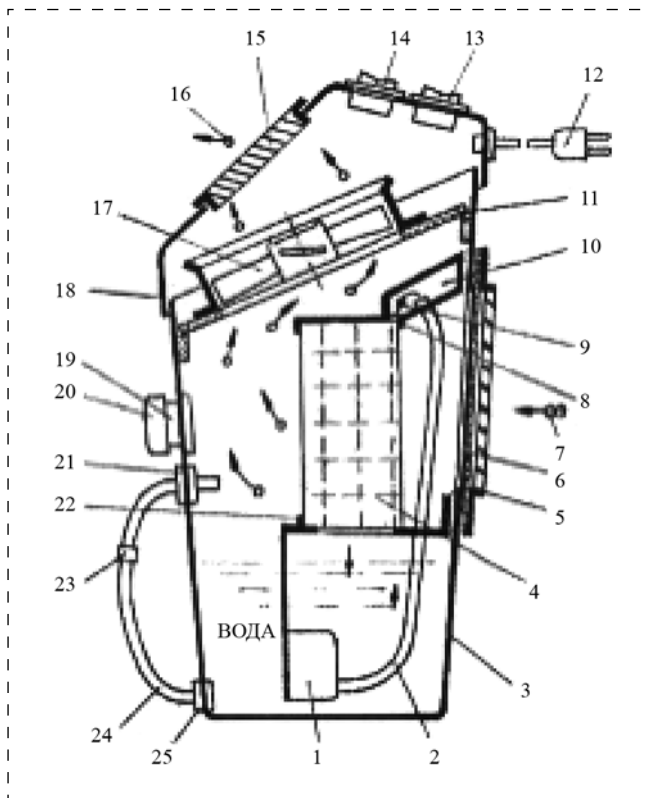


Рис. 2. Конструктивная схема локального аппарата:

1 — водяной насос; 2 — нагнетательный шланг; 3 — корпус; 4 — орошаемая насадка; 5 — входная решетка; 6 — сетчатый воздушный фильтр; 7 — обрабатываемый воздушный поток; 8 — водораспределитель; 9 — поток орошающей воды; 10 — крышка насадки; 11 — перегородка корпуса; 12 — вилка электрошнура; 13 — тумблер вентилятора; 14 — тумблер водяного насоса; 15 — поворотный воздухораспределитель; 16 — обработанный воздушный поток; 17 — осевой вентилятор; 18 — крышка; 19 — заливная горловина; 20 — колпачок заливной горловины; 21 — втулка; 22 — поддон насадки; 23 — указатель верхнего уровня воды; 24 — прозрачный шланг контроля уровня и слива воды; 25 — уплотнитель шланга

на крышке 18 установлен поворотный воздухо-распределитель 15 с наклонными жалюзи для регулирования направления обработанного воздушного потока 16. На этой же крышке размещен тумблер 14 водяного насоса 1, тумблер 13 вентилятора 17 и не показанный на рисунке другой поворотный воздухораспределитель меньшего диаметра, чем у воздухораспределителя 15. Для соединения аппарата с электросетью напряжением 220 В имеется электрошнур с вилкой 12.

Аппарат снабжен автоматической системой защиты насоса, которая отключает его питание при отсутствии воды или при достижении ею уровня в корпусе, соответствующего минимально необходимому объему. В этих случаях одновременно с отключением насоса от электросети включается звуковой сигнал оповещения об этом оператора.

Техническое обслуживание аппарата в условиях эксплуатации существенно упрощается, чему способствует наличие в его конструкции гибкого



шланга 24, который наряду с водомерной функцией служит в качестве сливного. Для этого его верхний конец следует вытянуть из корпуса через втулку 21, а затем опустить во вспомогательную емкость для удаления шлама. Затем шланг 24 вставляется обратно, через горловину 19 в аппарат заливается до указанного уровня свежая жидкость, колпачок 20 закручивается, и аппарат готов к работе. Отметим, что при техническом обслуживании насадку очищают промыванием чистой водой не требуется, поскольку это происходит в процессе ее эксплуатации.

Унификация в конструкции аппарата

Как показано выше, в конструкции аппарата необходимы осевой вентилятор и водяной погружной насос, рассчитанные на питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Анализ показал, что промышленностью освоена широкая гамма моделей вентиляторов для обдува электронных приборов, из которой в рассматриваемом случае может быть использован вентилятор типа EC1725A2HTB (Китай) с габаритными размерами 172×150×51 мм при потребляемой мощности 40 Вт. В качестве же водяного насоса из номенклатуры таких изделий для декоративных фонтанчиков и аквариумов подходит миниатюрный погружной насос "Mini-Water-Pump" Jebao AP-300 (Китай) с потребляемой мощностью 2,5 Вт.

Что касается других комплектующих изделий аппарата (звуковой сигнализатор, датчик уровня воды, электрореле, тумблеры, воздухораспределители и др.), то они могут быть заимствованы из элементной базы для автомобилей и бытовых приборов (систем).

Необходимо отметить, что рабочее (основное) напряжение 220 В переменного тока принято с учетом того, что исходя из зарубежного опыта, расширение спроса на подобные изделия может быть достигнуто за счет их двойного применения. Такие аппараты необходимы для помещений стационарных объектов в качестве увлажнителей воздуха в отопительный период и как локальные воздухоохладители в теплое время года, поэтому потребность в них относительно велика. Что касается работы такого аппарата при питании от электросети напряжением 12 В постоянного тока, то в настоящее время с применением различных приборов напряжением 220 В переменного тока промышленностью производятся преобразователи (инверторы) с 12 В постоянного тока на 220 В переменного тока. Так, модель инвертора IN100W фирмы "AYS ENERGY" (США) на 12/220 В имеет габаритные размеры 90×65×35 мм и массу порядка 0,15 кг, подключается в гнездо прикуривателя, а в корпусе самого вентилятора имеется розетка для вилки шнура потребителя.

Особое положение при создании конструкции рассматриваемого аппарата занимает вопрос наличия современного пластмассового корпуса, придающего изделию привлекательный товарный вид, поскольку это влияет на оценку его последующего спроса. Если сразу идти по пути создания оригинальной "дизайнерской" конструкции корпуса (как делается иностранными фирмами), то это связано с разработкой дорогостоящих прессформ с их привязкой к соответствующим литьевым машинам. В данном случае это нереально и поэтому целесообразным является заимствование освоенного изделия другого назначения с минимальной его доработкой специалистами средней квалификации с применением несложного универсального оборудования.

В рассматриваемом случае можно базироваться на таком изделии, как контейнер для канцелярского мусора ХАПС объемом 15 л, производимый в нашей стране предприятием ООО "М-пластика". Его пластмассовые детали (бак, крышка, верхняя рамка) удобны для доработки применительно к корпусу создаваемого аппарата, которая заключается в выполнении прямоугольных отверстий для установки входной решетки и тумблеров, круглых отверстий для монтажа воздухораспределителей, заливной горловины, втулки уплотнителя шланга и ввода электрошнура, а также в местах размещения отверстий небольшого диаметра для винтов и саморезов. Поскольку контейнеры ХАПС производятся в различной цветовой гамме, это дает возможность разнообразить внешний вид аппаратов. Отметим, что при использовании контейнера ХАПС в водоиспарительном аппарате [9] будут обеспечены его габаритные размеры 258×274×474 мм при подаче воздуха 100...125 м³/ч и энергозатратах 45 Вт.

Снижение материалоемкости насадки

Насадка (см. рис. 1) изготовлялась из мипласта по ТУ 6-05-05-230-83 "Пластины пористые для градилен". Она в определенной мере успешно выполняла свои функции, однако конструктивные особенности ее пластин (высота выступов h_B , расстояние между ними l_B) не позволяли провести ее дальнейшее усовершенствование в направлении снижения материалоемкости при сохранении достигнутой эффективности обработки воздуха и улучшения технологичности конструкции, хотя для этого разработаны необходимые теоретические предпосылки [7], которые при дальнейшем развитии привели к созданию насадки, устройство которой показано на рис. 3 [11].

Особенностью этой насадки является то, что в ней вертикальные выступы расположены на обеих стенках воздушного канала со смещением их на одной стенке относительно противоположной на середину расстояния между ними, вследствие чего интенсификация тепло-массообмена

в насадке обеспечивается как за счет возмущения течения воздушного потока из-за обтекания поперечных препятствий на двух стенках канала, так и вследствие зигзагообразного характера движения при последовательном обтекании выступов. Важным условием здесь является достижение оптимального соотношения между высотой выступов h_b и шагом между ними l_b , которое определяется выражением $l_b^{opt} = 13 \pm 1$ [7]. При этом ширина воздушных каналов должна быть не менее 1,8 мм для исключения их "захлебывания" при фронтальном орошении насадки.

Поскольку при разработке данной конструкции насадки требуется соблюдать требование унификации, следует базироваться на подходящем для наших условий изделии, выпускаемом промышленностью. В этом плане можно использовать пористые пластины аккумуляторных сепараторов ЖУИЦ 757565 с размерами в состоянии поставки $148 \times 140 \times 1,5$ мм при шаге выступов 24 мм и их высоте $h_b = 1$ мм при толщине стенки $\delta = 0,5$ мм [11]. Тогда, согласно рис. 3, получается ширина воздушных каналов $b_p = 2$ мм, а при сложении пластин парами навстречу друг другу выступами шаг между ними составит $l_b = 12$ мм, что приемлемо. Отметим, что для формирования насадки из таких пластин необходимы короткие вспомогательные выступы 5, дополнительно введенные в конструкцию, расположенные с определенным шагом по вертикали и служащие опорой для вершин выступов 2 и 3.

Выбор конструктивных показателей создаваемой насадки осуществляется на основе следующих условий [11]:

$$l = -32,68v^{0,2}b_p^{1,2} \ln(1 - E_a); \quad (21)$$

$$F = -65,45L \left(\frac{b_p^{0,2}}{v^{0,8}} \right) \ln(1 - E_a). \quad (22)$$

Параметры n_k и b определялись по соответствующим формулам (18) и (19). Приняв $E_a = 0,75$; $h = 0,14$ м; $v = 1,5$ м/с; $b_p = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $\delta = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м, получим: $l = 0,028$ м; $F = 0,528$ м²; $n_k = 67$ шт.; $b = 0,201$ м (габаритные размеры $28 \times 140 \times 201$ мм). Таким образом, длина l (являющаяся важным показателем с позиции компоновки воздушного тракта аппарата) в новой насадке уменьшается в 2,71 раза по сравнению с первой (см. рис. 1), а площадь испарения F (служащая показателем материалоемкости) сокращается в 1,34 раза.

Поскольку результаты экспериментальных исследований [12] согласуются с рекомендациями теоретических предпосылок [11], встает вопрос выбора современной технологии изготовления пористых пластин необходимой геометрии, в которых были бы сформированы не только вертикальные, но и вспомогательные выступы (см. рис. 3). В этом плане практический интерес представляет следующая информация.

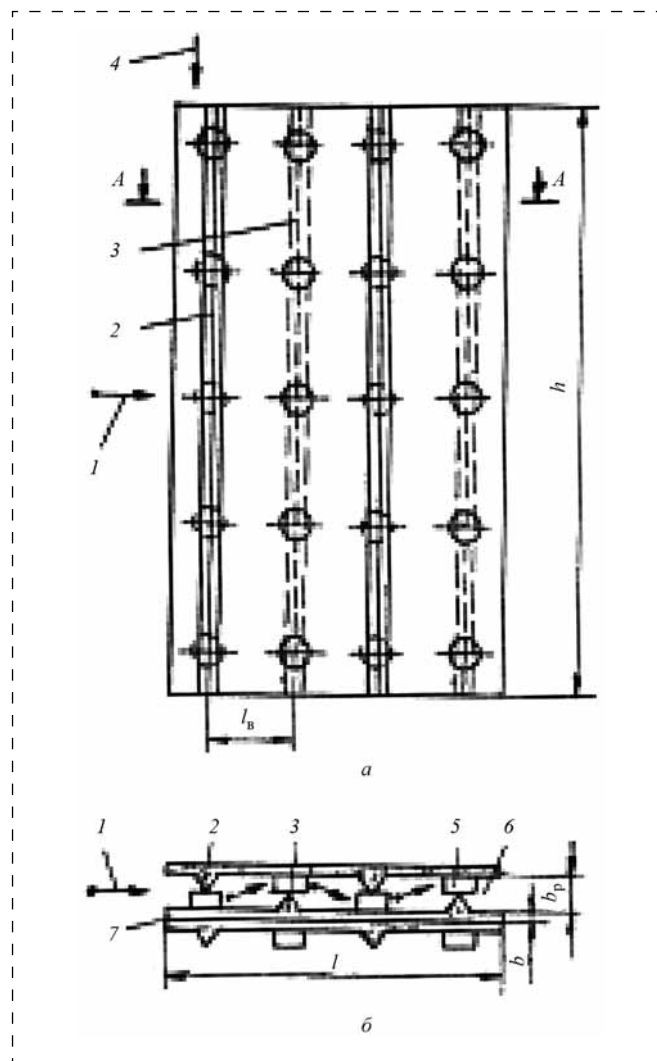


Рис. 3. Формирование насадки с турбулизаторами на двух стенках воздушного канала:

a — общая схема; *b* — структура воздушного канала (разрез А—А); 1 — поток воздуха; 2 — вертикальный выступ первой пластины; 3 — вертикальный выступ второй пластины; 4 — поток орошающей воды; 5 — опорный вспомогательный выступ; 6 — воздушный канал; 7 — микрокапилляр между стенками смежных пластин

В нашей стране освоена безотходная технология изготовления капиллярно-пористых пластин методом горячего формования (спекания) под давлением из смеси порошкового термопласта с хлористым натрием (до 56 %). При таком наполнении частицы последнего соприкасаются друг с другом, образуя "нити проводимости" через весь слой композита. При промывке водой хлористый натрий удаляется из пластин, которые после просушивания приобретают микрокапиллярную структуру. Рассол же выпаривается и дает порошкообразный хлористый натрий, который снова используется в производстве пластин. Такие пластины в рамках "Экологической концепции" являются альтернативой изделиям из мипластовых сепараторов.



Список литературы

1. Лях Г. Д., Смола В. И. Кондиционирование воздуха в кабинах транспортных средств и кранов. — М.: Металлургия, 1982. — 128 с.
2. Сайкин А. М. Проблема вредного воздействия токсичных веществ на пассажиров и водителей транспортных средств // АВТО ГРИН. — 2004. — № 3. — С. 17–22.
3. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Карев С. В. Защита водителей автомобилей от воздействия вредных факторов окружающей воздушной среды в городских транспортных потоках // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 12. — С. 2–7.
4. Очиститель воздуха рабочего места паяльщика (сварщика). URL: www.ele-spb.ru (дата обращения 25.07.2017).
5. Графкина М. В., Михайлов В. А., Иванов К. С. Экология и экологическая безопасность автомобиля: Учебник. — М.: ФОРУМ, 2009. — 320 с.
6. Техника и технология защиты воздушной среды: Учебное пособие для вузов / В. В. Юшин, В. М. Попов, П. П. Кукин и др. — М.: Высшая школа, 2005. — 391 с.
7. Михайлов В. А. Создание систем модульных типизированных и унифицированных средств нормализации

- климата и оздоровления воздушной среды в кабинах самоходных машин: Дис. ... д-ра техн. наук. — М.: МАМИ, 1998. — 492 с.
8. Глинка Н. Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. 23-е изд., стереотипное / Под ред. В. А. Рабиновича. — Л.: Химия, 1984. — 704 с.
9. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Инновационный локальный водоиспарительный водоохладитель для кабин тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 2. — С. 3–6.
10. Кривошеин Д. А. Физико-химические основы разработки и применения локальных очистных систем // Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М.: РУНД, 2005. — 48 с.
11. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Теоретические основы создания орошаемой насадки регулярной структуры для воздухоохладителей кабин колесных и гусеничных машин // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 12. — С. 28–34.
12. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Орошаемые насадки для обработки воздуха в системах колесных и гусеничных машин // Тракторы и сельхозмашины. — 2015. — № 4. — С. 12–17.

V. A. Mihajlov, Professor, E. V. Sotnikova, Associate Professor,
e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru, N. Yu. Calpina, Associate Professor,
Moscow Polytechnical University

The Improvement Technique and Technology of Air Purification from Harmful Impurities for Local Protection of Mobile and Stationary Objects

The technology and technique of air purification to locally protect the operator from harmful solid, gaseous and vaporous impurities, typical for the operation of mobile and stationary objects. It is shown that existing machines dry cleaning air have a narrow application and does not meet modern requirement of "Ecological concept" of ISO/TR 14062:2002. The technology of the wet cleaning of air intensified the nozzle regular structure of the plates of a porous plastic material, irrigated with water with dissolved active chemical additives that can protect operators from exposure to these contaminants, with the technical implementation of this technology is the same for all cases, the local photospreteen apparatus, where the air is cooled to the same. This machine is widely used assemblies and parts manufactured by the industry, it is easy to maintain and can be improved by introducing in its design of innovative nozzles with reduced material consumption, plates which can be fulfilled in our contry waste — free technological cycle with hot molding them under pressure of a mixture of thermoplastic powder and sodium chloride.

Keywords: local protection of the operator, solid, gaseous and vaporous impurities in the air, dry and wet air cleaning, adsorption, absorption, chemisorption and condensation of impurities, irrigated nozzle regular structure, intensification of heat-vass transfer, active water-soluble chemical additives, cooling air

References

1. Lyah G. D., Smolova V. I. Kondicionirovanie vozduha v kabinah transportnyh sredstv i kranov. Moscow: Metallurgija, 1982. 128 p.
2. Saikin A. M. Problema vrednogo vozdeystvija toksichnyh veshestv na passazhirov i voditelej transportnyh sredstv. AV-TOGRIN. 2004. No. 3. P. 17–22.
3. Mihajlov V. A., Sotnikova E. V., Karev S. V. Zachita voditelej avtomobilej ot vozdeystvija vrednyh faktorov okruzhajushnej vozduшной srede v gorodskih transportnyh potokah. Bezopasnost Zhiznedejatel'nosti. 2005. No. 12. P. 2–7.
4. Ochistitel' vozduha rabocheho mesta pajal'shhika (svarshhika). URL: www.elespb.ru (date of access 25.07.2017).
5. Grafkina M. V., Mihajlov V. A., Ivanov K. S. Jekologija i jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilja: Uchebnik. Moscow: Forum, 2009. 391 p.
6. Tehnika i tehnologija zachhity vozduшной srede: Uchebnoe posobie / V. V. Jushin, V. M. Popov, P. P. Kukin i dr. Moscow: Vysshaja Shkola, 2005. 391 p.
7. Mihajlov V. A. Sozdanie system modul'nyh tipizirovannyh i unificirovannyh sredstv normalizazacii klimata i ozdorovenija vozduшной srede v kabinah samohodnyh mashin. Dissertacija doctora technicheskikh nauk. Moscow: MAMI, 1998. 492 p.
8. Glinka N. L. Obshhaja himija: Uchebnoe Posodie. 23 izd. / Pod redakciej V. A. Rabinovicha. Leningrad: Himija, 1984. 704 p.
9. Mihajlov V. A., Sharipova N. N. Innovacionnyj lokal'nyj vodoisparitel'nyj vodoohladitel' dlja kabin traktorov. Tractory i sel'hoz mashiny. 2014. No. 2. P. 3–6.
10. Krivoshein D. A. Fiziko-himicheskie osnovy razrabotki i primenija lokal'nyh ochistnyh system. Avtoreferat Dissertecii doctora technicheskikh nauk. Moscow: RUDN, 2005. 48 p.
11. Mihajlov V. A., Sharipova N. N. Teoreticheskie osnovy sozdania oroshaemoj nasadki reguljarnoj struktury dlja vozduhoohladitelej kabin kolesnyh I gusenichnyh mashin. Tractory i sel'hoz mashiny. 2014. No. 12. P. 28–34.
12. Mihajlov V. A., Sharipova N. N. Oroshaemye nasadki dlja obrabotki vozduha v sistemah kolesnyh I gusenichnyh mashin. Tractory i sel'hoz mashiny. 2015. No. 4. P. 12–17.

УДК 504:351.77

В. Л. Мурзинов, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры, e-mail: dr.murzinov@yandex.ru,
В. Я. Манохин, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры,
Е. И. Головина, зам. декана по учебной работе факультета, ст. преп. кафедры,
Воронежский государственный технический университет

Модель гранулометрического состава пыли от дробеструйных установок литейного производства

К опасным и вредным факторам литейного производства относятся высокие концентрации пыли и вредных газов, выделяющихся на различных этапах технологического процесса. Определение гранулометрического состава предоставленной пробы пыли проводилось методом лазерной дифракции, реализуемой на лазерном анализаторе частиц Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22". Анализ пыли, образующейся на дробеструйном участке в процессе гранулометрического анализа, показал, что существует непосредственная угроза для органов дыхания. В процессе дробления 86,2 % выделяемой пыли имеют размер фракций менее 100 мкм. Эти фракции относятся к средней и тонкой пыли, проникающей в легкие и осаждающиеся в них. По мнению специалистов, наличие в воздухе пыли размером менее 10 мкм увеличивает опасность получения профзаболеваний таких, как силикоз, бронхит, дерматит, конъюнктивит. Получена модель распределения частиц пыли по их размерам.

Ключевые слова: рабочая зона, пыль, литейное производство, гранулометрический состав, гамма-распределение, метод фиксированных точек

Введение

В литейном производстве на различных этапах технологического процесса выделяются высокие концентрации пыли и вредных газов. Целью исследования является оценка дисперсного состава пыли, который определяет гигиеническое состояние рабочей зоны литейного производства.

При выполнении технологических процессов изготовления отливок, которые характеризуются большим числом операций, выделяются пыль, аэрозоли и газы [1]. Литейный цех машиностроительного завода чаще всего располагается в городской застройке. Степень экологической безопасности определяется микроклиматом в зоне дробеструйной установки и в межкорпусной зоне завода (при рассеивании выбросов) [2]. Состояние воздуха рабочей зоны литейного производства, как правило, не соответствует нормативным гигиеническим требованиям. Это определяется сложностью технологических процессов производства в целом [3].

Пыль, основной составляющей которой является кремнезем, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из печи, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки отливок, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов.

Опасность пыли для здоровья определяется ее гранулометрическим составом, т. е. количественным соотношением в ней фракций пыли различных размеров [4–7].

Описание лабораторной установки

Для определения размеров частиц пыли использовался метод гранулометрического анализа. Определение гранулометрического состава предоставленной пробы порошка проводилось в Воронежском государственном техническом университете в центре коллективного пользования им. проф. Ю. М. Борисова. Был применен метод лазерной дифракции, реализуемой на лазерном анализаторе частиц Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22" (рис. 1) с пакетом управляющих программ Fritsch Mas control, в соответствии с требованиями ISO 13320:2009.

Принцип дифракции лазерного излучения на дисперсных образцах заключается в том, что при попадании на частицу порошка лазерный луч отклоняется на некоторый угол, зависящий от размера частицы. Далее рассеянный луч попадает на детектор. Измерение интенсивности излучения, попавшего на каждый элемент детектора, и последующая математическая обработка сигнала позволяют определить размер частиц образца и оценить их форму.

Для исследования частиц в анализаторе осуществлялось сравнение лазерного излучения от

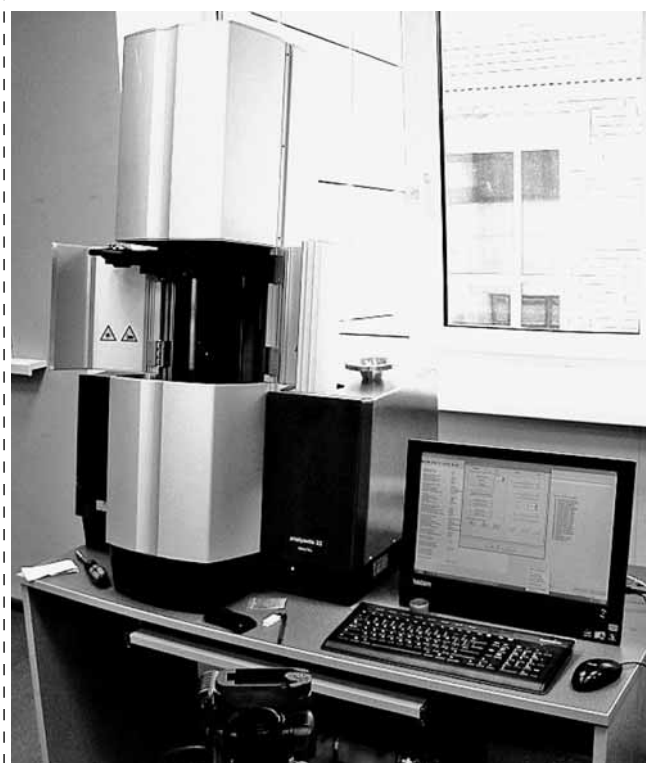


Рис. 1. Общий вид лазерного анализатора Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22"

образцов и объекта исследования. При этом использовалась дифракционная модель Фраунгофера. Данная модель применяется только для образцов с частицами крупнее 0,1 мкм (100 нм).

Обработка полученных результатов

По результатам проведенного анализа определен гранулометрический состав представленной пробы. Результаты, сформированные программным обеспечением анализатора Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22", приведены в табл. 1, где для фиксированного значения долевого содержания частиц определен максимальный ее

размер. В результате исследования состава пыли установлено, что частиц размером меньше или равных 115,049 мкм в пробе содержится около 90 %, а крупных частиц (более 115,049 мкм) 10 %. Наиболее опасной для человека является пыль, частицы которой имеют размер от 0,2 до 10 мкм, так как вызывает пневмокониозы.

Результаты обработки исходного статистического материала для получения эмпирической зависимости, связывающей доленое содержание и размер частиц предоставленной пробы, показаны в табл. 2. Для большей наглядности данные табл. 2 представлены в графическом виде на рис. 2 и рис. 3.

Моделирование гранулометрического состава пыли

Подходы к моделированию состава пыли были осуществлены в работах [8, 9]. В этих работах показано, что в рабочей зоне литейных цехов кроме пыли выделяется большое число загрязняющих веществ. Наиболее неблагоприятными участками с позиции выделения пыли являются камеры и решетки. Однако с позиции моделирования отмечено, что в составе пыли весовое содержание фракций диаметром до 20 мкм достигает 43,8 % по массе. Даная пыль наиболее опасна для здоровья работающего персонала и создает проблемы при очистке воздуха.

Для построения эмпирической зависимости, связывающей размер частицы и ее доленое содержание в предоставленной пробе, были приняты следующие условные обозначения:

ϕ_i — доленое содержание частиц в предоставленной пробе;

d_i — размер частиц, полученный на лазерном анализаторе частиц пыли Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22" с пакетом управляющих программ Fritsch Mas control, мкм;

$Q_\Gamma(d)$ — функция гамма-распределения;

$f_\Gamma(d)$ — функция плотности гамма-распределения;

Таблица 1

Гранулометрический состав пробы

Значение, %	Размер частиц, мкм	Значение, %	Размер частиц, мкм	Значение, %	Размер частиц, мкм
5,0	≤ 19,285	10,0	≤ 26,295	15,0	≤ 30,679
20,0	≤ 34,802	25,0	≤ 38,617	30,0	≤ 42,615
35,0	≤ 46,354	40,0	≤ 50,105	45,0	≤ 53,895
50,0	≤ 57,549	55,0	≤ 61,440	60,0	≤ 65,570
65,0	≤ 70,497	70,0	≤ 75,998	75,0	≤ 82,355
80,0	≤ 89,220	85,0	≤ 97,614	90,0	≤ 115,049
95,0	≤ 162,398	99,0	≤ 189,947		

Долевое содержание частиц зафиксированного размера в пробе

i	Исходные данные		j	Результат вычислений	
	Долевое содержание частиц φ_i	Размер частиц d_i , мкм		$d_j = \frac{d_i + d_{i+1}}{2}$, мкм	$f_s(d_j) = \frac{\varphi_{i+1} - \varphi_i}{d_{i+1} - d_i}$
0	0,0	0,0	0	—	—
1	0,05	≤19,29	1	9,6	0,0026
2	0,1	≤26,30	2	22,8	0,0071
3	0,15	≤30,68	3	28,5	0,0114
4	0,2	≤34,80	4	32,7	0,0121
5	0,25	≤38,62	5	36,7	0,0131
6	0,3	≤42,62	6	40,6	0,0125
7	0,35	≤46,35	7	44,5	0,0134
8	0,4	≤50,11	8	48,2	0,0133
9	0,45	≤53,90	9	52,0	0,0132
10	0,5	≤57,55	10	55,7	0,0137
11	0,55	≤61,44	11	59,5	0,0129
12	0,6	≤65,57	12	63,5	0,0121
13	0,65	≤70,50	13	68,0	0,0101
14	0,7	≤76,00	14	73,2	0,0091
15	0,75	≤82,36	15	79,2	0,0079
16	0,8	≤89,22	16	85,8	0,0073
17	0,85	≤97,61	17	93,4	0,0060
18	0,9	≤115,05	18	106,3	0,0029
19	0,95	≤162,40	19	138,7	0,0011
20	0,99	≤189,95	20	180,7	0,0014

Примечание: $f_s(d_j)$ — функция плотности распределения фракционного состава пыли

d_j — средний диаметр, мкм, полученный в результате вычисления $\frac{d_i + d_{i+1}}{2}$ (см. табл. 2).

Расположение точек на графиках на рис. 2 и рис. 3 по своей сущности представляют собой

функцию распределения и функцию плотности распределения, которые являются основополагающими в теории вероятности. Существуют различные виды функций распределения. Наиболее употребительными, обладающими высокой гибкостью, являются функция нормального распределения; функция нормального усеченного распределения; функция гамма-распределения; функция распределения Вейбулла.

Анализ применения таких функций, как степенные, логарифмические, показательные и т. д., показал, что эмпирические зависимости, построенные на этих функциях, недостаточно качественно описывают статистические данные.

Вид графического представления статистики очень напоминает функцию распределения, относящуюся к теории вероятности. Поэтому можно с большой долей уверенности использовать

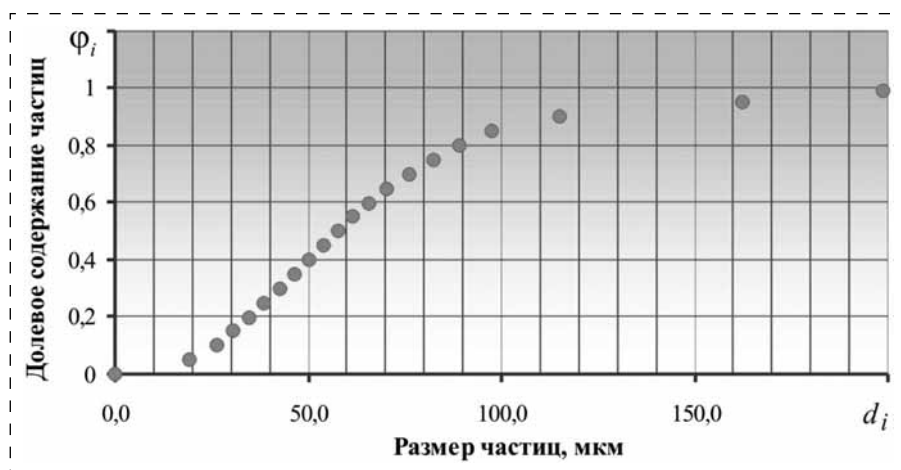


Рис. 2. Графическое представление данных табл. 2 (аналог функции распределения [10])



законы распределения из теории вероятности для моделирования гранулометрического состава пыли. Наиболее эффективным оказался закон гамма-распределения.

$$Q_{\Gamma}(d) = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} \int_0^d t^{k-1} \exp(-\lambda t) dt, \quad (1)$$

где $\Gamma(k) = \int_0^1 \left(\ln\left(\frac{1}{x}\right)\right)^{k-1} dx$ — гамма-функция; λ и k — параметры распределения.

Функцию плотности гамма-распределения можно представить в виде:

$$f_{\Gamma}(d) = \frac{\partial}{\partial d} [Q_{\Gamma}(d)] = \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} d^{k-1} \exp(-\lambda d), \text{ мкм}^{-1}. \quad (2)$$

Для получения эмпирической зависимости на основе функции Гамма-распределения применялся метод выбранных точек. В качестве пробных точек были выбраны точки: 0,35(46) и 0,65(70). Подставляя в уравнение (1) выбранные точки, составим систему двух уравнений

$$\left. \begin{aligned} 0,35 &= \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} \int_0^{46} t^{k-1} \exp(-\lambda t) dt \\ 0,65 &= \frac{\lambda^k}{\Gamma(k)} \int_0^{70} t^{k-1} \exp(-\lambda t) dt \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

решением которой будет: $k = 3,1$; $\lambda = 0,048 \text{ мкм}^{-1}$, и подставляя эти параметры в формулу (1), получим эмпирическую зависимость для исходного статистического материала

$$Q_{\Gamma}(d) = \frac{(0,048)^{3,1}}{\Gamma(3,1)} \times \int_0^d t^{3,1-1} \exp(-0,048t) dt. \quad (4)$$

Функция (4) показана на рис. 4 совместно с экспериментальными точками из табл. 2.

Для получения функции плотности распределения в уравнение (1) подставим найденные параметры $k = 3,1$; $\lambda = 0,048 \text{ мкм}^{-1}$ и получим

$$f_{\Gamma}(d) = \frac{(0,048)^{3,1}}{\Gamma(3,1)} \times d^{3,1-1} \exp(-0,048d). \quad (5)$$

График функции (5) и статистические данные из табл. 2 показаны на рис. 5. Сходимость экспериментальных и теоретических значений проверялась с использованием критерия Пирсона χ^2 . Теоретическое значение χ_T^2 при числе степеней свободы 17 и уровне значимости 0,1 получается $\chi_T^2 = 24,7$. Для функции (4) критерий Пирсона, полученный на основе статистического материала, составит $\chi_{10}^2 = 0,257$, для функции (5) — $\chi_{11}^2 = 0,097$, что значительно меньше теоретического значения. Следовательно, предложенная модель описания распределения частиц по размеру в пробе не отвергается.

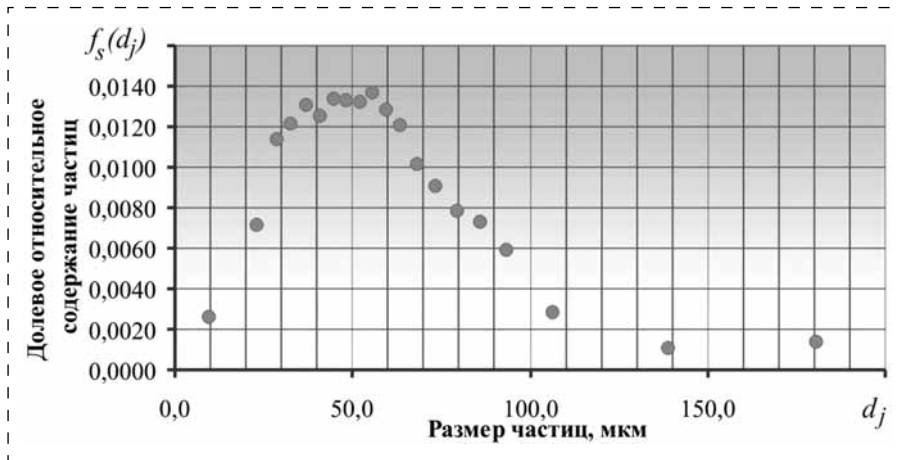


Рис. 3. Графическое представление данных табл. 2 (аналог функции плотности распределения [10])

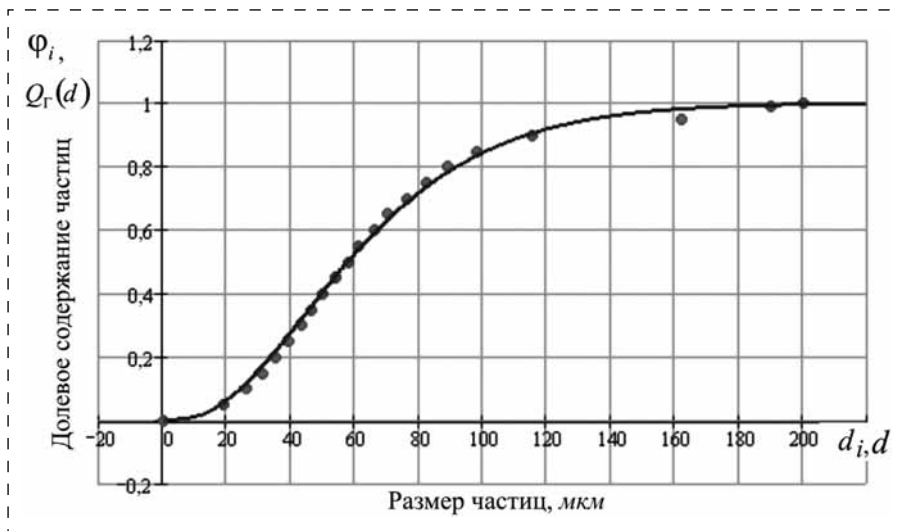


Рис. 4. Гамма-распределение. Функция распределения с параметрами $k = 3,1$; $\lambda = 0,048 \text{ мкм}^{-1}$

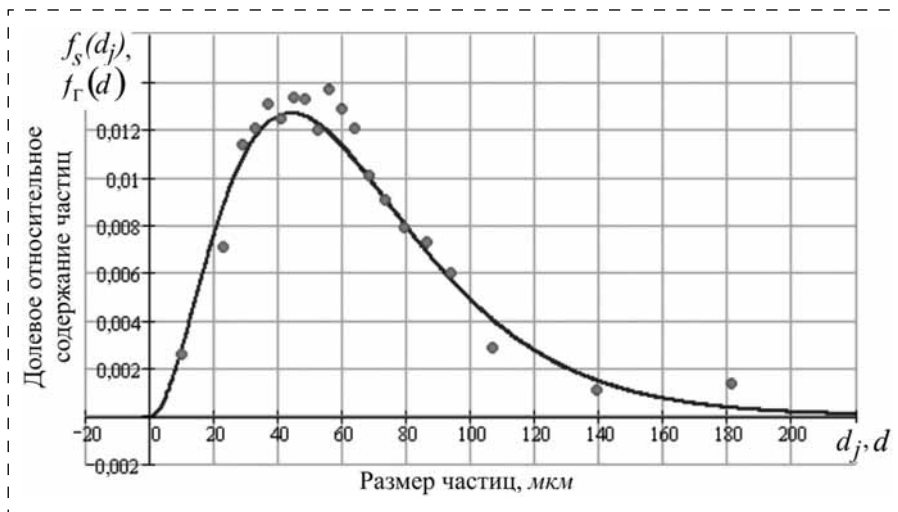


Рис. 5. Гамма-распределение. Функция плотности распределения с параметрами $k = 3,1$; $\lambda = 0,048 \text{ мкм}^{-1}$

Выводы

Статистические данные по гранулометрическому составу пыли, полученные на лазерном анализаторе частиц пыли Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22" с пакетом управляющих программ Fritsch Mas control, мало информативны. Проведя статистическую обработку исходных данных и используя известный закон распределения в теории вероятности — функцию гамма-распределения, удалось получить эмпирическую зависимость плотности распределения количества частиц в образце пыли в зависимости от их размера. Полученные эмпирические зависимости (4) и (5) показали хорошую сходимость со статистическими данными, что подтверждается критерием Пирсона.

Список литературы

1. Головина Е. И. Опасные и вредные факторы литейного производства и их влияние на состояние атмосферы в рабочей зоне // Вестник технологического университета. — 2016. — Т. 19, № 23. — С. 126—131.

2. Трухов Ю. А., Сорокин Ю. А., Ершов М. Ю. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / Под ред. А. П. Трухова. — М.: Академия, 2005. — 524 с.
3. Болдин А. Н. Литейное производство с точки зрения экологии // Литейное производство. — 2005. — № 3. — С. 33—34.
4. Головина Е. И., Манохин В. Я., Иванова И. А. Оценка опасных факторов литейного производства // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Материалы Международной научно-практической конференции. — 2016. — С. 170—173.
5. Иванова И. А. Определение коэффициента экологической опасности литейного производства // Вестник ДГТУ. — 2010. — Т. 10, № 3 (46). — С. 406—409.
6. Иванова И. А., Манохин В. Я. Оценка дисперсного состава пыли участка черного литья // Вестник ДГТУ. — 2010. — Т. 10, № 2 (45). — С. 200—204.
7. Иванова И. А., Манохин В. Я., Головина Е. И. Оценка запыленности рабочей зоны дробеструйного участка и выбивных решеток литейного производства // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Материалы XI Международной научно-практической конференции. Воронеж, 2015.
8. Мурзинов В. Л., Манохин В. Я., Иванови И. А. Модель идентификации процесса запыленности воздуха рабочей зоны в литейном производстве // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2011. — № 10 (74). С. 233—244. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/14.pdf>, 0,75 у.п.л. (дата обращения 15.04.2017).
9. Манохин В. Я., Асминин В. Ф., Мурзинов В. Л. Модели и методы систем управления экологической безопасностью литейного производства // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2011. — № 10 (74). С. 104—112. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/11.pdf>, 0,5 у.п.л. (дата обращения 15.04.2017).
10. Королук В. С., Портенко Н. И., Скороходов А. В., Турбин А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. — М.: Наука, 1985. — 640 с.

V. L. Murzinov, Professor of Chair, e-mail: dr.murzinov@yandex.ru,

V. Ya. Manohin, Professor of Chair, E. I. Golovina, Deputy Dean on Educational Work of Faculty Senior Lecturer, Voronezh State Technical University

The Model is the Granulometric Composition of Dust from Blast Machines Foundry

Dangerous and harmful factors of the foundry are high concentrations of dust and harmful gases emitted at different stages of the process. Determination of granulometric composition of given sample of powder was carried out using laser diffraction, implemented on a laser particle analyzer Fritsch NanoTec "ANALISSETTE 22". Analysis of dust from the blasting area during the granulometric analysis showed that there is an immediate threat to the



respiratory system. In the process of crushing 86.2 % of emitted dust have a particle size less than 100 microns. These fractions refer to medium and fine dust penetrating into the lungs and are deposited in them. According to experts, the presence in the air of dust smaller than 10 μm increases the danger of getting occupational diseases such as silicosis, bronchitis, dermatitis, conjunctivitis. The resulting model distribution of dust particles in size.

Keywords: working area, dust, foundry, particle size distribution, gamma distribution, the method of fixed points

References

1. **Golovina E. I.** Opasnye i vrednye faktory litejnogo proizvodstva i ih vliyanie na sostojanie atmosfery v rabochej zone. *Vestnik tehnologicheskogo universiteta*. 2016. Vol. 19, No. 23. P. 126–131.
2. **Truhov Ju. A., Sorokin Ju. A., Ershov M. Ju.** Tehnologija litejnogo proizvodstva: lit'e v peschanye formy. Pod red. A. P. Truhova. Moscow: Akademija, 2005. 524 p.
3. **Boldin A. N.** Litejnoe proizvodstvo s tochki zrenija jekologii. *Litejnoe proizvodstvo*. 2005. No. 3. P. 33–34.
4. **Golovina E. I., Manohin V. Ja., Ivanova I. A.** Ocenka opasnyh faktorov litejnogo proizvodstva. *Kompleksnye problemy tehnosfernoj bezopasnosti. Materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Voronezh, 2015.
5. **Ivanova I. A.** Opredelenie koefficienta jekologicheskoi opasnosti litejnogo proizvodstva. *Vestnik DGTU*. 2010. Vol. 10, No. 3 (46). P. 406–409.
6. **Ivanova I. A., Manohin V. Ja.** Ocenka dispersnogo sostava pyli uchastka chernogo lit'ja. *Vestnik DGTU*. 2010. Vol. 10, No. 2 (45). P. 200–204.
7. **Ivanova I. A., Manohin V. Ja., Golovina E. I.** Ocenka zapylnosti rabochej zony drobestrujnogo uchastka i vybivnyh reshetok litejnogo proizvodstva. *Kompleksnye problemy tehnosfernoj bezopasnosti. Materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Voronezh, 2015.
8. **Murzinov V. L., Manohin V. Ja., Ivanova I. A.** Model' identifikacii processa zapylnosti vozduha rabochej zony v litejnom proizvodstve. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)* [Jelektronnyj resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2011. No. 10 (74). P. 233 — 244. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/14.pdf>, 0,75 u.p.l. (date of access 15.04.2017).
9. **Manohin V. Ja., Asminin V. F., Murzinov V. L.** Modeli i metody sistem upravlenija jekologicheskoi bezopasnost'ju litejnogo proizvodstva. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)* [Jelektronnyj resurs]. Krasnodar: KubGAU, 2011. No. 10 (74). P. 104–112. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/10/pdf/11.pdf>, 0,5 u.p.l. (date of access 15.04.2017).
10. **Koroljuk V. S., Portenko N. I., Skorohod A. V., Turbin A. F.** Spravochnik po teorii verojatnostej i matematicheskoj statistike. Moscow: Nauka, 1985. 640 p.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2018 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства
или непосредственно в редакции журнала

Подписные индексы по каталогам:

Роспечать — 79963; Пресса России — 94032

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромынский пер., д. 4,
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97. Факс: (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 004: 613.6

В. Н. Семенцов^{1,2,3}, канд. мед. наук, доц., вед. науч. сотр.,

И. В. Иванов^{1,2,3}, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр., e-mail: ivanov-iv@yandex.ru,

Б. А. Макеев⁴, полковник юстиции, руководитель отделения

¹ Государственный научный центр Российской Федерации — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

² Первый Московский государственный медицинский университет

им. И. М. Сеченова Минздрава Российской Федерации (Сеченовский университет),

³ Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н. Ф. Измерова, Москва

⁴ Главное управление криминалистики Следственного комитета Российской Федерации, Москва

Порядок проведения экспертных исследований несчастных случаев при водолазных погружениях

Целью работы являлась систематизация мероприятий по экспертному исследованию в рамках расследований происшествий и несчастных случаев с водолазами как составной части нового направления водолазного дела и водолазной медицины — водолазной аксидентологии. Дается определение водолазной аксидентологии, показаны основные этапы деятельности эксперта (специалиста), обращается внимание на важность соблюдения алгоритма действий, предусмотренных требованиями нормативных актов при проведении технического (водолазно-технического), медицинского и комплексного экспертного исследований при несчастном случае с водолазом. Предлагаемые подходы, разработанная блок-схема действий эксперта (специалиста) и систематизированная информация по основным нормативным актам будут способствовать объективности результатов расследования и разработке мероприятий по предупреждению несчастных случаев с водолазами в ходе водолазных работ, профилактики производственно-обусловленных заболеваний и инвалидизации водолазов.

Ключевые слова: водолаз, водолазное дело, водолазная медицина, водолазная аксидентология, безопасность водолазных работ, аварийная ситуация, несчастный случай, экспертное исследование, профилактика происшествий с водолазами

Введение

В последние годы резко увеличивается использование водных и подводных объектов, технологий и, соответственно, подводных монтажных работ при геологоразведке, добыче, производстве и транспортировке нефти и газа, спасательных и восстановительных мероприятий при авариях и катастрофах речных, морских судов и самолетов при полетах над водной акваторией, в других видах работ в отдельных отраслях экономики. Усложнение производственных процессов, устаревание технического оборудования, а также снижение уровня ответственного отношения к соблюдению нормативных и правовых актов зачастую ухудшают безопасность жизнедеятельности, приводят к авариям и катастрофам, для ликвидации которых в процессе водолазных работ используется труд водолазов во все возрастающем объеме.

Десятилетия хозяйственной дезинтеграции и послаблений к нарушениям норм права на всех уровнях привели к сокращению либо к распаду крупных организаций по производству подводно-технических работ, которые дорожили своим авторитетом и качеством проведения ремонтно-восстановительных работ под водой, строго соблюдали меры безопасности водолазных спусков, сохранения и повышения квалификации своих водолазов.

Появилось множество мелких фирм, зачастую созданных для выполнения одного подряда, не обладающих достаточными производственными мощностями и квалифицированным персоналом. Нередко стали наблюдаться случаи найма на работу любителей подводного плавания, не представляющих всех сложностей профессиональной деятельности и, что особенно важно — не имеющих правовых оснований ею заниматься [1].



Подобная ситуация не могла не привести к росту количества профессиональных заболеваний и несчастных случаев с водолазами, участились случаи их инвалидизации и смертности не только в России [1—3, 5—7]. Так, за пятилетний период наблюдений отмечалось в среднем по 36 случаев специфических заболеваний водолазов и по 40 несчастных случаев с водолазами со смертельным исходом в год [1]. Для установления причин происшествий уголовно-процессуальным и трудовым кодексами Российской Федерации предусмотрен порядок расследования несчастных случаев на производстве. Использование при этом должностными лицами трудовой инспекции знаний и опыта специалистов в области водолазной медицины будет способствовать объективности результатов расследования и разработке адекватных мероприятий по предупреждению несчастных случаев с водолазами в ходе водолазных работ, профилактики производственно-обусловленных заболеваний и инвалидизации водолазов. Это обосновывает актуальность данного исследования для водолазной службы в России, особенно в плане совершенствования мероприятий по профилактике аварий и несчастных случаев в ходе проведения водолазных спусков.

Целью работы являлась систематизация мероприятий по экспертным исследованиям в рамках расследования происшествий и несчастных случаев с водолазами как составной части нового направления водолазного дела и водолазной медицины — водолазной аксидентологии.

Водолазная аксидентология как основа экспертного исследования несчастных случаев с водолазами

В сложившейся ситуации представляется важным с использованием методов анализа и систематизации более детально обозначить новое направление в водолажном деле, которое способствовало бы выявлению истинных причин несчастных случаев с водолазами (НСВ), принятию необходимых мер для их ликвидации и недопущению в будущей водолазной деятельности (профилактике).

Общей теоретической основой независимой технической экспертизы при несчастных случаях в любых производственных отраслях является аксидентология. Аксидентология (от англ. accident — авария, несчастный случай) — наука об авариях, их причинах, механизмах, способах и методах предотвращения, а также об оценке последствий аварий и методах их устранения. Можно полагать, что выделение ее частной составляющей — водолазной аксидентологии — включает в себя всестороннее расследование

события, связанного с подводной эксплуатацией водолазного снаряжения и оборудования, которое закончилось несчастным случаем, аварией или катастрофой, а также разработку мероприятий по их предотвращению для повышения надежности профессиональной деятельности водолаза (см. рисунок).

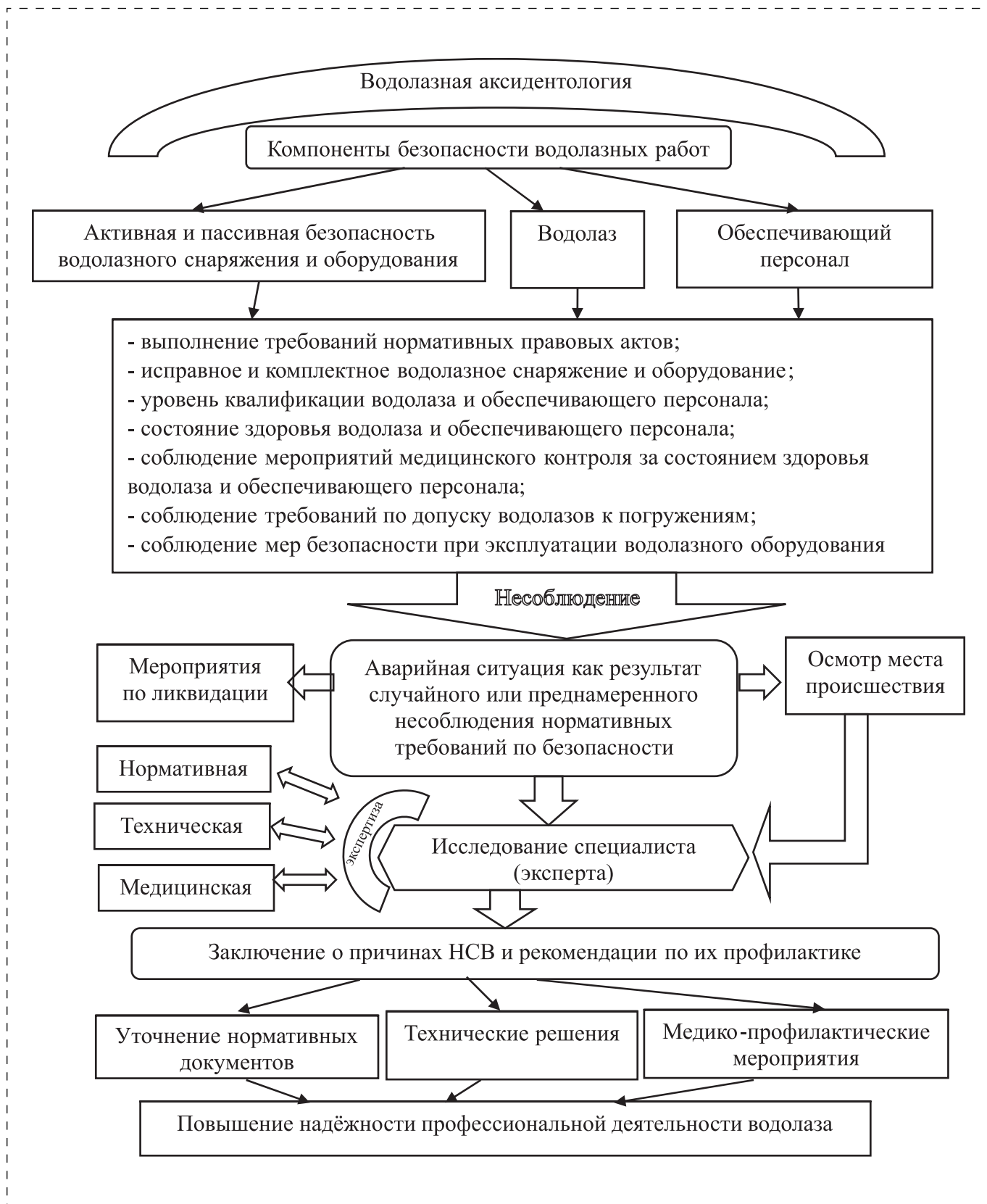
Одно из базовых понятий водолазной аксидентологии — безопасность технического средства и вспомогательного оборудования, которые во многом определяют условия возникновения, причины и параметры аварии. Безопасность технического средства и вспомогательного оборудования подразделяется на две категории — активная (primary safety — первичная безопасность) и пассивная (secondary safety — вторичная безопасность).

Активная безопасность — это комплекс конструктивных, эксплуатационных свойств водолазного снаряжения и оборудования, а также мероприятия по медицинскому обеспечению водолазных спусков, направленные на предотвращение происшествий и исключение предпосылок их возникновения, связанных с качеством здоровья водолаза, а также с конструктивными особенностями водолазного снаряжения и оборудования. В указанный комплекс входят выполнение требований нормативных правовых актов, наличие медицинского заключения водолазно-медицинской комиссии о годности водолаза, наличие основной и дублирующей систем связи с водолазом, управляемость водолажным снаряжением и оборудованием, электронные системы отслеживания условий погружения для снижения вероятности аварий, информативность, комфортабельность, безотказность водолазного снаряжения и оборудования.

Пассивная безопасность — это способность конструкции оборудования обеспечить защиту человека от травмы и предотвращение смертельного исхода при уже возникшей аварийной ситуации.

К характеристикам и средствам пассивной безопасности относятся водолазный колокол, водолазная беседка и спуско-подъемное устройство, кабель-шланговая связка, ударно-прочностные и демпфирующие свойства водолазных шлемов, газовых баллонов, травмобезопасное стекло лицевой маски или водолазного шлема, оборудование для дыхания водолаза, водолазная рубашка, гидрокостюм и (или) гидрокombineзон, компенсатор плавучести водолаза, манометр с предупреждающим красным сектором на шкале, декомпрессиметр, перчатки, носки, водолазные боты и водолазные галоши, водолазный пояс с грузами, нож, фонарь и т. д.

В понятийной области водолазной аксидентологии важно учитывать и категорию "состояние здоровья" водолазов и обеспечивающего персонала, предполагающую важную роль врачей по



Основные направления и мероприятия водолазной аксидентологии по безопасности водолазных работ (погружений), обеспечивающих повышение надёжности профессиональной деятельности водолаза



водолазной медицине в организации системы медицинского обеспечения надлежащего состояния здоровья водолазов, особенно на этапе допуска к его погружению, а также в процессе расследования несчастных случаев с водолазами.

Расследование несчастных случаев с водолазами

Приведем типичные аварийные ситуации [3]: 1) водолаза М. опустили под воду в трехболтовом снаряжении, забыв накрутить гайки соединительных болтов шлема. При сходе в воду водолаз в нарушении Правил прыгнул с водолазного трапа и оказался в воде без котелка шлема, что могло привести к несчастному случаю; 2) водолазный специалист Г. спустился под воду для протаскивания стропа в тоннель под затонувшим судном. Во время работ шкентелем (стальным тросом) перерезало шланг-сигнал водолаза и он погиб.

В подобных аварийных ситуациях процесс расследования несчастных случаев с водолазами

направлен на выяснение взаимосвязи данного случая с внешними условиями, организацией водолазных работ, состоянием водолазной техники и оборудования, состоянием здоровья водолаза, а также обоснование заключения о работоспособности водолазной техники и оборудования, водолазов в конкретных, предполагаемых или известных условиях водолазного спуска. В этом комплексе мероприятий в виде важной составляющей задействованы и специалисты (эксперты) по водолазной медицине.

Основные этапы работы в процессе экспертного исследования

Согласно нормативным документам, которые систематизированы в таблице, основные этапы работы в процессе экспертного исследования сводятся к следующему:

— установление факта происшествия (несчастного случая) в порядке, определенном УПК или трудовым кодексом;

Нормативные документы, регламентирующие этапы исследования несчастного случая с водолазом

№ п/п	Этапы исследования	Регламентирующие документы	Ожидаемые результаты по этапу исследования
1	Установление факта происшествия (несчастного случая)	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ, ст. 227. Постановление Правительства РФ от 15.12.2000 г. № 967 "Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний". Приказ Минздрава России от 28.05.2001 г. № 176 "О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в РФ"	Рапорт об обнаружении признаков происшествия, сопроводительное письмо, сообщение о происшествии, акт о несчастном случае или профессиональном заболевании на производстве
3	Возбуждение уголовного (административного) дела	Соответствующие статьи УПК (АПК) РФ	Постановление о возбуждении уголовного (административного) дела и принятии его к производству
4	Назначение экспертизы	Статьи 195, 196, 199 и 201 УПК РФ	Постановление о назначении (технической, медицинской, комплексной) экспертизы
5	Назначение комиссии экспертов	Статьи 38, 57, 195 УПК РФ	Постановление о назначении комиссии экспертов
6	Разработка плана предстоящего анализа происшествия, связанного с водолажными спусками	РД 31.84.01—90. Единые правила безопасности труда на водолазных работах. Часть I. Правила водолазной службы, часть II. Медицинское обеспечение водолазов. Утверждены Минморфлотом СССР 18.11.1991 г. РД 153-34.0-03.205—2001 Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидротехнического оборудования энергоснабжающих организаций. Утверждены приказом Министерства энергетики РФ от 13 апреля 2001 г. № 113. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 13 апреля 2007 г. № 269 "Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ". Приложение к приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 13 апреля 2007 г. № 269 Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ	План предстоящего анализа

№ п/п	Этапы исследования	Регламентирующие документы	Ожидаемые результаты по этапу исследования
7	Предварительный анализ обстоятельств и причин НСВ (реконструкция картины происшествия): выявление факторов и причин, повлекших НСВ	Положение (методические рекомендации) об экспертных исследованиях при НСВ (проект)	Выявление признаков факторов и причин, повлекших НСВ
8	Работа на месте происшествия	Положение (методические рекомендации) об экспертных исследованиях при НСВ (проект)	Обнаружение, фиксация и сбор предметов — предполагаемых вещественных доказательств
9	Проведение исследований отобранных для этого объектов в лабораторных условиях	Постановление о назначении экспертизы. Постановление о назначении комиссии экспертов. Положение (методические рекомендации) об экспертных исследованиях при НСВ (проект)	Предварительные выводы в заключении эксперта (специалиста) о техническом состоянии объектов
10	Установление причинной связи между НСВ и несоблюдением требований нормативных, технических и медицинских актов	Положение (методические рекомендации) об экспертных исследованиях при НСВ (проект)	Предварительные выводы в заключении эксперта (специалиста) о наличии причинной связи или ее отсутствии
11	Изучение состояния здоровья и индивидуальных особенностей, изучение режима труда и отдыха водолаза в предпусковой период	Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 13 апреля 2007 г. № 269 "Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ". Приложение к приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 13 апреля 2007 г. № 269 Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ	Предварительные выводы в заключении эксперта (специалиста) о наличии причинной связи между состоянием здоровья и НСВ
12	Установление причинной связи между НСВ и несоблюдением требований нормативных, технических и медицинских актов; составление экспертного заключения, отвечающего требованиям УПК РФ или иного нормативного документа	Постановление о назначении экспертизы. Положение (методические рекомендации) об экспертных исследованиях при НСВ (проект). Постановление Правительства РФ от 14.10.2000 г. № 789 "Об утверждении правил установления степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний". Постановление Правительства РФ от 15.12.2000 г. № 967 "Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний"	Окончательные выводы эксперта (специалиста) в экспертном заключении, отвечающем требованиям УПК РФ или иного нормативного документа
13	Передача экспертного заключения и предложений — рекомендаций по профилактике НСВ	Статьи 38, 57, 195 УПК РФ	Сопроводительное письмо с приложениями: — заключение эксперта (специалиста); — предложения-рекомендации по профилактике НСВ

— возбуждение уголовного (административного) дела;
 — постановление о назначении комиссии экспертов;
 — постановление о назначении (технической, медицинской или комплексной) экспертизы;
 — разработка плана предстоящего анализа происшествия, связанного с водолазными спусками;
 — предварительный анализ обстоятельств и причин НСВ (реконструкция картины происшествия): выявление факторов и причин, повлекших НСВ;
 — работа на месте происшествия;
 — участие в проведении технической и (или) судебно-медицинской экспертизы;

— изучение состояния здоровья и индивидуальных особенностей водолаза;
 — проведение специализированных исследований отобранных для этого объектов, других лабораторных исследований;
 — изучение режима труда и отдыха в предпусковой период;
 — анализ полученных материалов и составление заключения, а также рекомендаций по профилактике НСВ; установление причинной связи между НСВ и несоблюдением требований нормативных, технических и медицинских актов.
 Работа на месте происшествия направлена прежде всего на изучение первичного состояния и



расположения объектов, что нередко оказывается определяющим для всего последующего хода расследования. Ко времени прибытия эксперта (экспертов) на место происшествия поисково-спасательные работы обычно бывают завершены. Однако возможны случаи, когда мероприятия по спасению и оказанию помощи еще не закончены. В этих условиях участвующие в расследовании эксперты обязаны принять в них участие. В процессе оказания необходимой медицинской помощи на месте происшествия, а также в медицинской организации, где оказывается медицинская помощь, изучаются характер и причины травм пострадавших.

Совместно со специалистами инженерной службы эксперт осматривает индивидуальные средства жизнеобеспечения и защиты водолаза. При этом фиксируется фактическое состояние их в данный момент (целостность, комплектность водолазного снаряжения, положение вентиля, количество газовой смеси в баллонах и так далее), а также отмечаются признаки, указывающие на возможные отказы или неправильную эксплуатацию во время водолазного спуска. Кроме того, анализируются действия водолаза при возникновении НСВ. При этом изучаются характер использования средств спасения и защиты, вопросы оказания самопомощи и взаимопомощи, а также эффективность поисково-спасательных работ и первичной медико-санитарной помощи.

Техническое (водолазно-техническое) и судебно-медицинское экспертное исследование

Такое исследование проводится при неблагоприятных исходах, и помимо вопроса о причине смерти и тяжести травм, решает ряд других задач, выдвигаемых следствием. К их числу обычно относятся:

— что указывает на несоблюдение требований нормативных документов перед и в процессе погружения водолаза?

— имеются ли неисправности водолазного оборудования, снаряжения и другой техники? Если да, то находятся ли они в причинной связи с НСВ?

— какие признаки указывают на рабочую активность водолаза, использование им необходимого снаряжения и оборудования по целевому назначению?

— какие признаки указывают на отравление азотом, кислородом, а также вредными примесями газовой смеси: оксидом и (или) диоксидом углерода, углеводородами и другими?

— какие признаки указывают на повреждающий фактор и механизм образования травмы?

— какие симптомы указывают на заболевание или воздействие гипоксии, декомпрессионного заболевания?

— какие признаки указывают на вид утопления (мокрое, асфиктическое, синкопальное), на вид баротравмы (уха, легких и др.), на особенности механического удара и других причин повреждений, которые могли привести к смерти водолаза?

— какие признаки свидетельствуют об алкогольной и другой интоксикации?

В целях углубленного изучения и дальнейшего осмысления установленных экспертами фактов могут проводиться дополнительные экспертные исследования, в частности, на этапе выяснения механизма повреждающего фактора. Это предполагает получение информации о ряде важных обстоятельств гибели водолаза, его состоянии, характере и последовательности воздействий, правильности эксплуатации водолазного снаряжения, действиях в последний момент аварийной ситуации. Для этого используют экспертные методы — морфологические, токсикологические, биохимические, инженерно-физические, математические, химические и др., а также различные методы моделирования условий образования обнаруживаемых признаков. Подобное моделирование может проводиться как оперативно, например, воспроизводиться расположением тела водолаза и конструкций объекта, так и в стационарных условиях — в тренировочном бассейне, когда изучается последовательность действий водолаза по мере ухудшения условий водолазного спуска.

Анализ условий и особенностей деятельности водолаза проводится для оценки ситуации, в которой он находился, понимания причин и мотивов его действий, их связи с возникновением и исходом аварийной ситуации. Для проведения такого анализа эксперт должен внимательно изучить наличие и содержание нормативных документов, в частности, документации водолазной станции, наличие и содержание приказов и распоряжений, наряд-задания до момента НСВ и фактическое условие их выполнения (метеоусловия, профиль водолазного спуска, используемое снаряжение и дыхательная смесь, температура воды, время суток, время года и т. д.). Сведения об условиях водолазного спуска можно получить из документации водолазной станции, данных объективного контроля, данных местной метеостанции и т. д. Все собранные данные сопоставляются и анализируются в целях установления физических факторов, которые могли неблагоприятно повлиять на состояние и работоспособность водолаза. Все это имеет большое значение для выяснения причин НСВ и обоснование мер по его предупреждению.

Медицинское экспертное исследование несчастного случая с водолазом

Вопрос о степени участия врача по водолазной медицине в решении экспертных задач в каждом конкретном случае требует уточнения. Привлекательный к расследованию врач по водолазной медицине должен оказать помощь в решении вопросов путем оценки роли медико-физиологических компонентов, определяющих условия водолазного спуска: характер воздействовавших факторов, условия водолазного спуска, наличие провоцирующих факторов и т. п.

Изучение медицинской документации, других анамнестических данных имеет своей целью оценить состояние здоровья водолаза и его индивидуальные особенности. Подробному изучению подлежат личная книжка водолаза, личная медицинская книжка на предмет наличия диагнозов заболеваний, своевременности прохождения водолазно-медицинской комиссии (ВМК) и водолазно-квалификационной комиссии (ВКК). Анализируется история болезни, журнал медицинского обследования водолазов и другие медицинские документы (справки и выписки из медицинских организаций, санаториев, домов отдыха и т. п.).

Обращается внимание на все отклонения в состоянии здоровья, а также на динамику функционального состояния организма по данным медицинских осмотров (в том числе предпусковых, послепусковых и данных ВМК).

Изучение режима труда и отдыха водолаза проводится с целью выяснения предшествующих НСВ обстоятельств, оказывающих отрицательное влияние на работоспособность водолаза во время водолазного спуска и его готовность к выполнению задания. Выясняются и анализируются сведения о режиме труда, отдыха и питания водолаза, особенно в период подготовки к водолажным спускам и в день происшествия. Сведения о предпусковом периоде собираются путем изучения распорядка дня, опроса руководителей водолазных работ и водолазных спусков, товарищей и других лиц, которые были в непосредственном контакте с водолазом. На основе полученных сведений устанавливается фактический предпусковой режим водолаза с определением времени и условий предпускового отдыха (сна). В результате изучения материалов выявляют особые обстоятельства и факты, которые могли оказать отрицательное влияние на функциональное состояние и работоспособность водолаза.

Заключительный этап работы эксперта при расследовании НСВ

Этот этап предполагает анализ и сопоставление всех материалов, полученных в ходе

расследования, а также формулирование заключения с выводами по отдельным вопросам, которые ставятся перед экспертом.

Заключение эксперта — это письменный результат исследований и выводов по вопросам, поставленным перед экспертом. Заключение должно быть понятным и однозначным, все его части должны быть между собой согласованы и не противоречивы. Полученные выводы должны являться результатом логических построений, вытекать из проведенного исследования и формулироваться согласно внутреннему убеждению эксперта [4].

В заключении на основании изучения документации, результатов технической и судебно-медицинской экспертиз, данных дополнительных специальных исследований обобщаются сведения о соблюдении требований нормативных документов, об условиях водолазного спуска, состоянии водолазной техники и оборудования, здоровья водолаза и его работоспособности во время водолазного спуска, закончившегося НСВ.

По результатам изучения нормативных документов, работы средств жизнеобеспечения, состояние здоровья, режима труда и отдыха водолаза и специальных исследований указываются все факторы, которые могли способствовать возникновению НСВ. После этого формулируются положения о взаимосвязи НСВ с соблюдением требований нормативных документов, состоянием водолазного оборудования и снаряжения, здоровья и работоспособностью водолаза.

Работа экспертов завершается выработкой рекомендаций по предупреждению повторения подобной аварийной ситуации. Эффективность этих мероприятий во многом определяется тем, насколько объективно и полно удалось выявить конкретные причины данного происшествия, а также все другие недостатки и факторы, способствовавшие их проявлению.

Предлагаемое использование общих принципов и подходов аксидентологии и конкретизация их применительно к области водолазной медицины позволит более эффективно анализировать причины аварийных ситуаций с участием водолазов и вырабатывать мероприятия по их предотвращению, предупреждать профессиональные заболевания и повысить надежность профессиональной деятельности водолазов в целом. Вскрывая ряд важных обстоятельств происшествия, выясняя фактические условия, в которых находился водолаз, характер и интенсивность воздействий, которым он подвергался в аварийной ситуации, медицинские аспекты проблемы эксперт оказывает помощь расследованию в выяснении причин и обстоятельств аварийного случая в целом. Это требует создания в дальнейшем Положения



(Методических рекомендаций) об экспертных исследованиях при несчастных случаях с водолазами. В процессе выработки подобной унифицированной программы по расследованию несчастных случаев с водолазами представляется важным объединение усилий специалистов (экспертов) по водолазному делу и водолазной медицине для квалифицированных действий и разработки экспертных заключений, а также для обмена опытом.

Выводы

1. Проведена систематизация мероприятий по экспертным исследованиям при несчастных случаях с водолазами как составной части нового направления водолазного дела и водолазной медицины — водолазной аксидентологии.

2. Показана необходимость привлечения к расследованию аварийных ситуаций специалистов (экспертов) по водолазной медицине для оценки роли медико-физиологических компонентов, определяющих состояние здоровья, уровень работоспособности водолаза и условия водолазного спуска.

3. Систематизированные основные этапы работы в процессе экспертного исследования при несчастном случае с водолазом и информация по

основным нормативным актам позволяют повысить эффективность проведения расследования и предупреждения несчастных случаев в ходе водолазных работ, профилактики производственно-обусловленных заболеваний и инвалидизации водолазов.

Список литературы

1. **Агапов Я. В.** Анализ несчастных случаев и специфической заболеваемости водолазов юга Дальневосточного региона России за период 1995—1999 гг. // *Водолазное дело*. — 2002. — № 4—5. — С. 16—17.
2. **Згурский В. А.** Аварийные происшествия с водолазами в 2001 году // *Водолазное дело*. — 2002. — № 4—5. — С. 19—21.
3. **Козлов В. П.** Происшествия с водолазами // *Водолазное дело*. — 2002. — № 4—5. — С. 7—13.
4. **Красовский И.** Нежелательные события. Взгляд водолазного эксперта // *Нептун. Водолазный проект*. — 2017. — № 2 (101). — С. 90—93.
5. **Смолин В. В., Соколов Г. М., Журавлев В. В., Смирнов А. А.** Несчастный случай с акванавтами // *Водолазное дело*. — 2002. — № 4—5. — С. 3—4.
6. **Bradley M. E.** Commercial diving fatalities // *Aviation, space, and environmental medicine*. — 1984. — No. 55 (8). — P. 721—724.
7. **Smithuis J. W., Gips E., Van Rees T. P.** Vellinga and Gaakeer M. I. Diving accidents: a cohort study from the Netherlands // *International Journal of Emergency Medicine*. — 2016. — March. — P. 9—14.

V. N. Sementsov^{1,2,3}, Associate Professor, Leading Researcher, **I. V. Ivanov**^{1,2,3}, Professor, Leading Researcher, e-mail: ivanov-iv@yandex.ru, **B. A. Makeev**⁴, Colonel of Justice, Head of Department

¹ State Scientific Center of the Russian Federation — Institute of Biomedical Problems of Russian Academy of Sciences, Moscow

² I. M. Sechenov First Moscow State Medical University

³ Izmerov Research Institute of Occupational Health

⁴ The Main Criminal Investigation Department of the Investigative Committee RF, Moscow

Expert Investigations of the Diving Accidents

Presents the results of the analysis and systematization of the new areas of diving and diving medicine — diving accidentology. The definition of diving accidentology shown the main stages of work of the expert draws attention to the importance of studying the laws and regulations, conducting thorough technical, medical and complex expertise. There is a block diagram of the actions of the expert and the table of basic regulations.

Keywords: diver, diving, diving medicine, diving accidentology, emergency situation, safe diving operations, accident expertise, accident prevention

References

1. **Agapov Ya. V.** The analysis of accidents and specific morbidity of divers of the South Far East region of Russia for the period 1995—1999. *Commercial Diving*. 2002. No. 4—5. P. 16—17.
2. **Zgurki V. A.** Emergency incidents with divers in 2001. *Commercial Diving*. 2002. No. 4—5. P. 19—21.
3. **Kozlov V. P.** The incident with the divers. *Commercial Diving*. 2002. No. 4—5. P. 7—13.
4. **Krasovsky I.** The adverse events. Look a diving expert. *Nep-tune. A diving project*. 2017. No. 2 (101). P. 90—93.
5. **Smolin V. V., Sokolov G. M., Zhuravlev V. V., Smirnov A. A.** Accident with Aquanauts. *Commercial Diving*. 2002. No. 4—5. P. 3—4.
6. **Bradley M. E.** Commercial diving fatalities. *Aviation, space, and environmental medicine*. 1984. No. 55 (8). P. 721—724.
7. **Smithuis J. W., Gips E., Van Rees T. P.** Vellinga and Gaakeer M. I. Diving accidents: a cohort study from the Netherlands. *International Journal of Emergency Medicine*. 2016. March. P. 9—14.

УДК 504.75.05

О. Е. Кондратьева, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой,
e-mail: KondratyevaOYe@mpei.ru, **О. А. Локтионов**, магистр,
Е. Г. Гашо, канд. техн. наук, доц., **И. В. Королев**, канд. техн. наук, доц.,
А. М. Боровкова, канд. техн. наук, доц., **С. А. Чувирова**, асп.,
Национальный исследовательский университет "МЭИ", г. Москва

Оценка влияния выбросов парниковых газов на показатель общей смертности населения Москвы

Наблюдаемая тенденция разбалансировки климатической системы в Москве тесно связана с положительным трендом выбросов парниковых газов. В данной работе рассмотрены изменяющиеся факторы климатической среды, предложен алгоритм сравнительного анализа влияния климатических факторов на здоровье населения, приведены результаты оценки такого влияния на показатель общей смертности населения Москвы. Полученные оценки в дальнейшем позволят разработать ряд адаптационных мероприятий, направленных на снижение влияния факторов климатической и метеорологической природы.

Ключевые слова: промышленная экология, выбросы парниковых газов, показатель смертности, влияние климатических изменений на здоровье

В настоящее время изменение климата в Москве характеризуется как продолжающееся потепление со скоростью, более чем 2,5 раза превышающей скорость глобального потепления. В период 1879—2015 гг. средняя температура воздуха в Москве увеличилась на 4 °С, и каждый новый год сопровождается обновлением температурных рекордов и исторических максимумов [1].

Основной причиной климатических изменений, помимо повсеместных причин, служат локальные, а именно усиленное влияние антропогенного парникового эффекта. Текущая тенденция разбалансировки климатической системы в Москве тесно связана с увеличением выбросов парниковых газов объектами энергетики, промышленными предприятиями и автотранспортом.

В среднем за последние 5 лет наибольший вклад (~62 %) в общие выбросы парниковых газов в Москве вносят объекты энергетики, такие как ТЭЦ, ведомственные котельные и мелкие объекты энергоснабжения. Выбросы CO₂ от данной категории составили 47,2 млн т CO₂-экв. Вклад транспортного сектора ~20 % и 15,2 млн т CO₂-экв в пересчете на CO₂. Выбросы от сектора промышленных процессов и использования продуктов, включая объект нефтепереработки (Московский нефтеперерабатывающий завод), составили 5,7 млн т CO₂-экв и имеют удельный вес порядка 7,5 %.

Изменение климата вследствие влияния выбросов парниковых газов не сводится лишь

к повышению температуры воздуха у поверхности Земли. Возникающие экстремальные метеорологические явления в Москве неоднозначны и трудно сопоставимы с явлениями, наблюдаемыми в других районах средних широт. Все чаще проявляются аномалии во всех компонентах климатической системы, в частности, в резкой вариативности температурного режима.

Изменение климата оказывает значительное влияние на здоровье человека. Прямое воздействие связано с усилением экстремальности климата — ростом количества дней с неблагоприятными метеорологическими явлениями (стихийными аномалиями), увеличением числа дней с экстремально высокими и низкими температурами, а также числа дней с резкими перепадами температур. Косвенное воздействие связано с увеличением частоты повышенных уровней загрязнения воздуха при аномальных метеоусловиях и со стабильным положительным трендом среднегодовой температуры.

Все указанные климатические факторы повышают риск смертности населения, причем к группам наибольшего риска относятся: дети младшего возраста, люди пенсионного возраста, а также лица, профессиональная деятельность которых связана с пребыванием на открытом воздухе. В крупных городах группой риска также являются люди, живущие и работающие в городских "островах тепла".



В целях разработки обоснования адаптационных мероприятий, направленных на снижение смертности вследствие влияния климатических изменений на население Москвы, в научно-исследовательском университете "МЭИ" был проведен анализ наличия взаимосвязей между показателем смертности и факторами климатической среды.

Необходимые для рассматриваемого исследования исходные данные по общей смертности населения Москвы за год в период 2005–2016 гг. и по месяцам в период 2010–2016 гг. приведены в табл. 1 и 2.

В работе приведены данные анализа следующих факторов климатической среды:

- рост среднегодовой температуры;
- увеличение числа дней с экстремально высокими и низкими температурами;
- увеличение числа дней с резкими перепадами температуры;
- повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха;
- увеличение числа дней с опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями.

Для формирования базы исходных данных использовались перечисленные ниже подходы.

1. В качестве исходных сведений, определяющих **тенденцию роста среднегодовой температуры**, использовался массив данных, сформированный на основе результатов измерений метеостанций (ТСХА, ВДНХ) Москвы.

2. Для **определения числа дней с экстремально высокими и низкими температурами** было

использовано "Правило трех сигм" [2], согласно которому приблизительно с вероятностью 0,9973 значения нормально распределенной случайной величины лежат в интервале $(\bar{x} - 3\sigma; \bar{x} + 3\sigma)$. За истинную величину \bar{x} было взято значение среднемесячной температуры за период с 1950 по 2010 г., а за σ — среднеквадратичное отклонение этих температур за тот же период. Наличие температуры вне указанного диапазона трактовали как аномалию и фиксировали день с максимально высокой и низкой температурой.

3. Для **определения числа дней с резкими перепадами температуры** был применен следующий метод: если изменение смежных среднесуточных температур происходило более чем на 3 °С, явление трактовали как аномалию и фиксировали день с резким перепадом температуры.

4. **Оценка загрязнения атмосферного воздуха** осуществлялась на основании комплексного показателя загрязнения — индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) [1], который рассчитывается по пяти приоритетным для города загрязняющим веществам: оксиду углерода, диоксиду азота, оксиду азота, озону и формальдегиду [3].

5. Численные **данные об опасных и неблагоприятных метеорологических явлениях (ОиНМЯ)** были сформированы согласно информации о числе штормовых и экстренных предупреждений, размещенных на портале Главного управления МЧС России по Москве [4].

Для выявления корреляционной связи между показателями смертности и факторами климати-

Таблица 1

Общая смертность населения Москвы в период с 2005 по 2016 г.

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее значение
Смертность, чел./10 000 чел.	12,86	12,73	12,41	12,42	12,01	12,6	11,19	11,77	11,6	11,75	11,74	12,36	12,12

Таблица 2

Общая смертность населения Москвы в период с 2010 по 2016 г.

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Среднее значение
	Смертность, чел./1000 чел.												
2010	10,42	9,56	10,52	9,59	9,47	9,52	14,32	15,01	9,56	9,34	9,08	9,64	10,5
2011	10,13	9,01	9,88	9,27	9,21	8,61	8,91	9,29	9,12	9,61	9,47	9,44	9,33
2012	10,39	9,89	10,20	9,58	9,59	8,98	9,29	9,35	9,33	10,65	9,78	10,68	9,81
2013	11,09	9,39	10,08	9,87	9,72	8,52	9,38	9,25	9,21	10,04	9,43	9,97	9,66
2014	10,31	9,24	10,26	9,88	10,22	8,92	9,55	9,05	9,82	10,32	9,04	10,78	9,78
2015	11,04	10,15	10,89	10,27	9,74	9,64	9,61	9,48	9,82	10,55	9,96	10,81	10,16
2016	11,67	10,20	10,22	9,90	10,09	9,71	9,35	10,03	9,99	11,19	10,15	11,12	10,3

ческой среды была использована следующая зависимость [5]:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где r_{xy} — коэффициент корреляции; n — объем выборки; x_i — значение показателя смертности; y_i — значение фактора климатической среды; \bar{x} , \bar{y} — математические ожидания значений показателей смертности и фактора климатической среды.

При оценке достоверности коэффициента корреляции проводилось сравнение наблюдаемого значения t -критерия, вычисленного на основе выборочных данных, с критическим значением t -критерия Стьюдента при определенном уровне значимости (табл. 3). Показатель стандартной ошибки коэффициента корреляции рассчитывался по формуле:

$$m_r = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}. \quad (2)$$

Для расчета наблюдаемого значения t -критерия использовалось следующее выражение:

$$t = \frac{r_{xy}}{m_r} = \frac{r_{xy} \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{xy}^2}}. \quad (3)$$

Для определения приоритетности влияния климатических факторов на показатель смертности был использован метод анализа иерархий (МАИ) [6], нашедший широкое применение для решения задач многокритериального анализа и обладающий встроенным критерием качества работы эксперта — индексом согласованности. На рис. 1 представлен алгоритм сравнительного

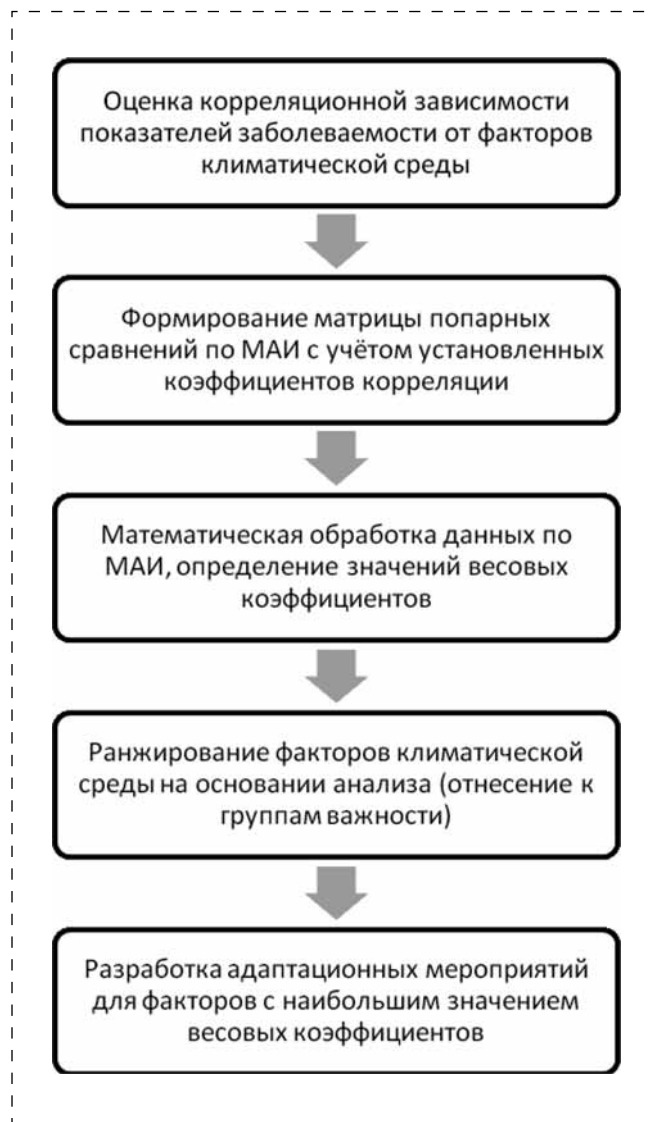


Рис. 1. Алгоритм сравнительного анализа влияния факторов климатической среды на здоровье населения

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа

Факторы климатической среды	Объем выборки n	Коэффициент корреляции r -Пирсона		Оценка достоверности (t -критерий Стьюдента)		Уровень достоверности, %
		$r_{расч}$	$r_{кр}$	$t_{расч}$	$t_{кр}$	
Рост среднегодовой температуры	17	-0,44	0,41	1,6	1,75	< 90
Увеличение числа дней с экстремально высокими и низкими температурами	84	0,54	0,29	5,83	2,64	99
Увеличение числа дней с резкими перепадами температуры	84	0,34	0,29	3,29	2,64	99
Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха	11	0,375	0,52	1,21	1,83	< 90
Увеличение числа дней с ОиНМЯ	36	0,35	0,34	2,18	2,03	95



анализа, предложенный в рамках проведенного исследования.

Общие расчетные и критические значения коэффициентов корреляции r -Пирсона, оценки их достоверности (t -критериев Стьюдента) с приведенными уровнями достоверности, полученные в работе, приведены в табл. 3.

Графические отображения влияния факторов климатической среды на показатель общей смертности приведены на рис. 2—6.

Согласно рис. 2 отсутствует типичная зависимость между кривыми, характеризующими изменения показателя смертности и роста среднегодовой температуры за период с 2000 по 2016 г. Соответственно происходящий в Москве рост среднегодовой температуры не оказывает влияние на уровень смертности населения, что подтверждается

средней обратной корреляционной связью между составляющими, а также низким уровнем ее статистической значимости ($p < 0,1$).

При рассмотрении влияния факторов экстремальных температур и резких перепадов температуры по месяцам в период 2010—2016 гг. на показатель общей смертности населения Москвы было установлено, что существует статистически достоверная корреляционная связь между показателем смертности и указанными факторами климатической среды. Значения коэффициентов корреляции r -Пирсона и оценка их достоверности (t -критериев Стьюдента) больше критических при 99 %-ном уровне достоверности результатов. Данный вывод подтверждается графическими зависимостями на рис. 3 и 4, на которых наблюдаются совпадения характерных пиков для показателя

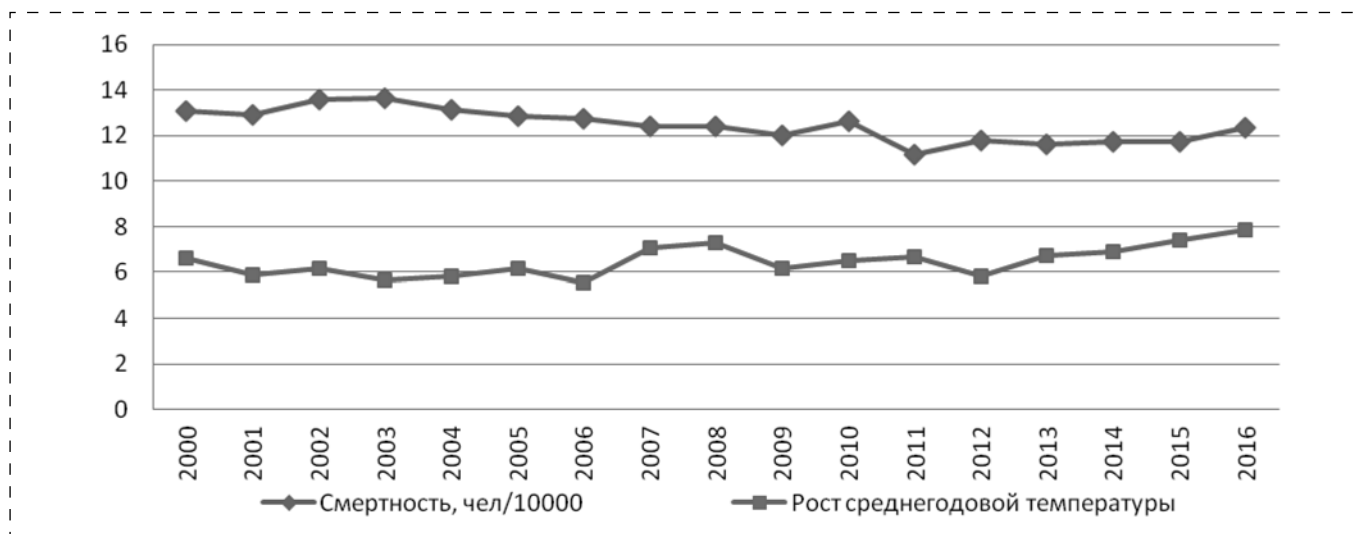


Рис. 2. Динамика общей смертности населения Москвы и значения роста среднегодовой температуры



Рис. 3. Динамика общей смертности населения Москвы и числа дней с экстремально высокими и низкими температурами по месяцам в период с 2010 г. по 2016 г.

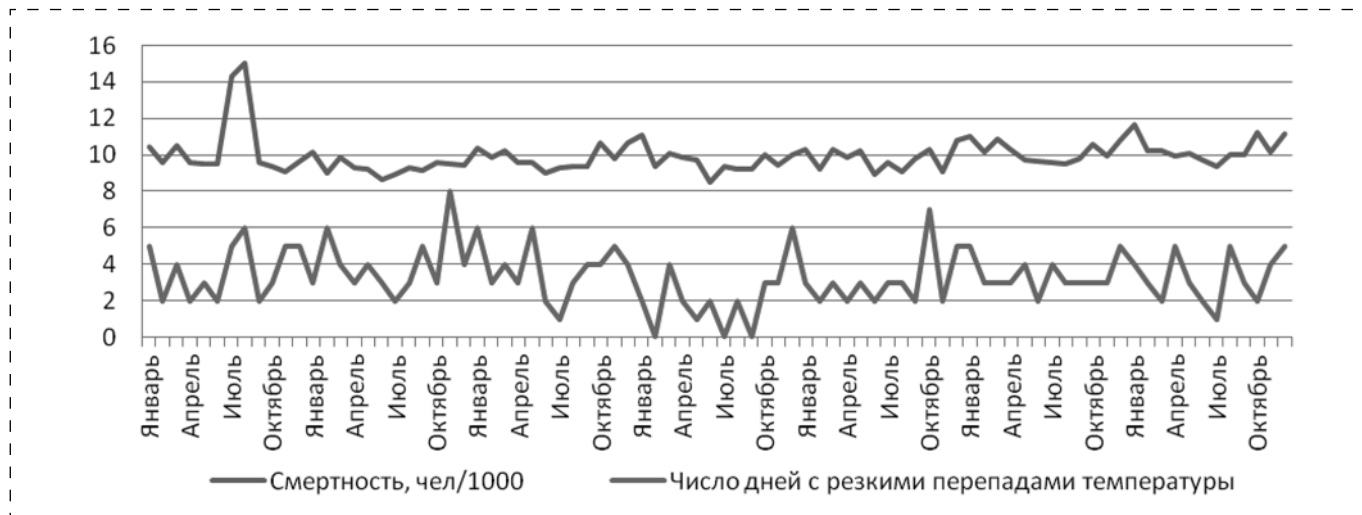


Рис. 4. Динамика общей смертности населения Москвы и числа дней с резкими перепадами температуры по месяцам в период с 2010 по 2016 гг.

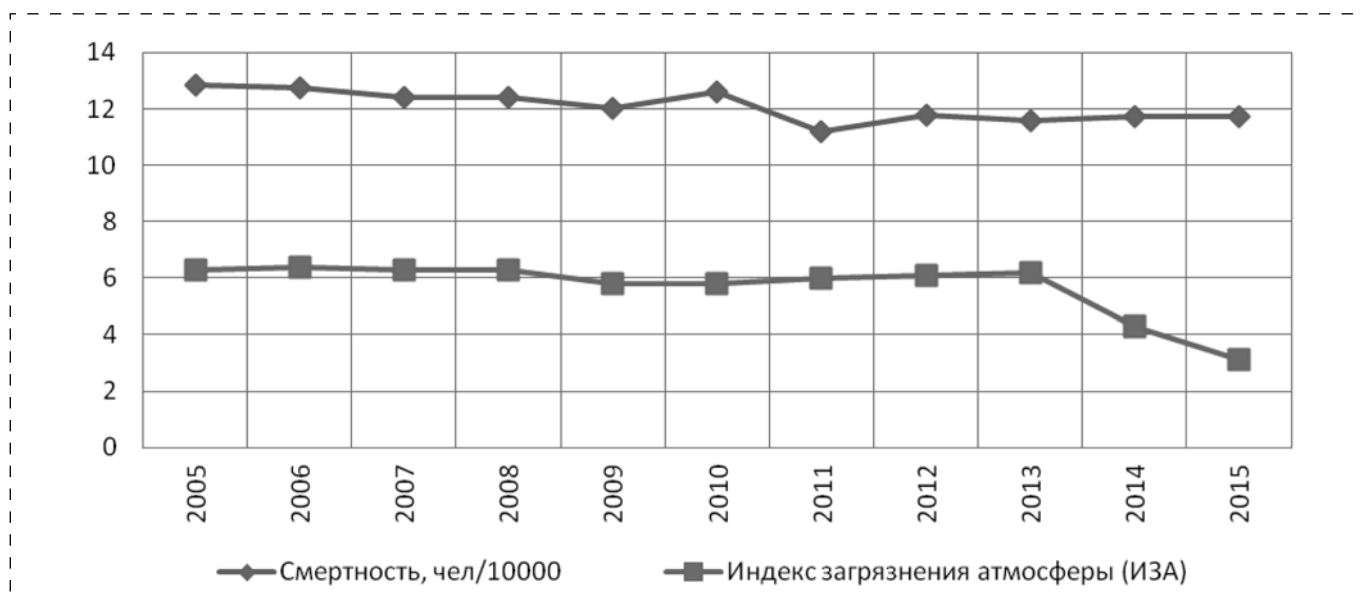


Рис. 5. Динамика общей смертности населения Москвы и повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) за период 2005–2015 гг.

общей смертности населения и указанных факторов климатической среды.

Связь между индексом загрязнения атмосферы и показателем смертности статистически незначима (см. рис. 5). Значения коэффициентов корреляции и оценка их достоверности меньше критических даже при 90 %-ном уровне достоверности результатов. Поэтому данное явление следует рассматривать совместно с температурными аномалиями, возникающими в течение года.

Взаимосвязь динамики общей смертности населения Москвы и числа дней с опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями хорошо видна на рис. 6. Корреляционный

анализ между показателем общей смертности и количеством дней с опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями подтвердил зависимость между данными компонентами, так как наблюдается статистически достоверная корреляционная связь при достаточном уровне значимости ($p \leq 0,05$) между указанными показателями.

По результатам проведенного исследования в рамках влияния различных факторов климатической среды на смертность населения была составлена матрица попарных сравнений и рассчитаны весовые коэффициенты (ВК) для каждого из указанных метеорологических факторов. Исходя



Рис. 6. Динамика общей смертности населения Москвы и число дней с опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями по месяцам в период с 2014 по 2016 гг.

из полученных значений были сформированы три группы важности.

1. "Красная" группа важности ($BK \geq 0,25$) включает в себя фактор — увеличение числа дней с экстремально высокими и низкими температурами (0,47);

2. "Оранжевая" группа важности ($0,1 \leq BK < 0,25$) включает в себя факторы — увеличение числа дней с опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями (0,22); увеличение числа дней с резкими перепадами температуры (0,18); повышенный уровень загрязнения воздуха (0,1);

3. "Желтая" группа важности ($BK < 0,1$) включает в себя фактор — рост среднегодовой температуры (0,03).

Для каждой группы важности необходимо разработать и обозначить ряд адаптационных мероприятий медицинского и немедицинского характера, направленных на снижение риска преждевременной смерти населения от неблагоприятных факторов климатической среды. Также для уменьшения негативных социальных последствий влияния климата требуется внедрение широкого комплекса профилактических мероприятий.

Таким образом, рассмотренный анализ показал наличие корреляционной зависимости между показателем общей смертности населения Москвы и такими последствиями климатических изменений, вызванными выбросами парниковых газов, как увеличение числа дней с экстремально высокими и низкими температурами, опасными и неблагоприятными метеорологическими явлениями и резкими перепадами температуры, а также позволил определить весовые коэффициенты для

данных факторов. Результаты исследования могут быть использованы в дальнейшем для обоснования, в том числе и с экономической точки зрения, целесообразности разработки адаптационных мероприятий, прежде всего для снижения влияния этих факторов. Представленный в работе алгоритм сравнительного анализа в дальнейшем может быть использован для оценки влияния факторов климатической среды на такие показатели, как увеличение инфекционных и паразитарных заболеваний, рост сердечно-сосудистых патологий и патологий дыхательной и пищеварительной системы.

Список литературы

1. Доклад "О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2015 году" Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. — М., 2016.
2. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов. Т. 2: Учебное пособие. — М.: Интеграл-пресс, 2008. — 544 с.
3. РД 52.04.667—2005 Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.
4. Интернет-портал Главного управления МЧС России по г. Москве. Оперативная информация // Штормовые и экстренные предупреждения. URL: <http://moscow.mchs.ru/operationalpage/stormcaution> (дата обращения 29.03.2017).
5. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. 10-е изд., стереотип. — М.: Высшая школа, 2004. — 479 с.
6. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.

O. E. Kondrateva, Associate Professor, Head of Chair, e-mail: KondratyevaOYe@mpei.ru, **O. A. Loktionov**, Master, **E. G. Gasho**, Associate Professor, **I. V. Korolev**, Associate Professor, **A. M. Borovkova**, Associate Professor, **S. A. Chuvirova**, Post-graduate, Moscow Power Engineering Institute, National Research University

Assessment of the Impact of Greenhouse Gas Emissions on the Total Mortality Rate of Population of the City of Moscow

The tendency of imbalance of the climate system in the city of Moscow is closely connected with a positive trend of greenhouse gas emissions. In this work, the changing climatic factors of the environment are considered, the algorithm of comparative analysis of the impact of climatic factors on population health is proposed and the results of the analysis of their impact on the total mortality of the population of the city of Moscow are presented. The estimates will allow to develop a range of adaptation measures aimed at reducing the influence of factors of climatic and meteorological nature.

Keywords: industrial ecology, greenhouse gas emissions, the increased deaths, the impact of climate change on health

References

1. **Doklad** "O sostoyanii okruzhayushchej sredy v gorode Moskve v 2015 godu" Departamenta prirodopol'zovaniya i ohrany okruzhayushchej sredy goroda Moskvy, Moscow, 2016.
2. **Piskunov N. S.** Differencial'noe i integral'noe ischisleniya dlya vtuzov. Vol. 2: Uchebnoe posobie. Moscow: Integralpress, 2008. 544 p.
3. **RD 52.04.667—2005** Dokumenty o sostoyanii zagryazneniya atmosfery v gorodah dlya informirovaniya gosudarstvennyh organov, obshchestvennosti i naseleniya. Obshchie trebovaniya k razrabotke, postroeniyu, izlozheniyu i sodержaniyu.
4. **Internet-portal** Glavnogo upravleniya MCHS Rossii po g. Moskve. Operativnaya informaciya. *Shtormovye i ehkstretnye preduprezhdeniya*. URL: <http://moscow.mchs.ru/operation-alpage/stormcaution> (date of access 29.03.2017).
5. **Gmurman V. E.** Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: Uchebnoe posobie dlya vuzov. 10-e izdanie. Moscow: Vysshaya shkola, 2004. 479 p.
6. **Saati T. L.** Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah: Analiticheskie seti. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2008. 360 p.

Информация

IV Всероссийская неделя охраны труда (ВНОТ), в рамках которой пройдет **Международная выставка по промышленной безопасности и охране труда SAPE 2018**, состоится 10—13 апреля 2018 года в Главном медиацентре города Сочи.

Генеральной темой ВНОТ станут достижения и новые вызовы в сфере охраны труда. Отвечая запросам специалистов по охране труда, производителей СИЗ, руководителей предприятий и работников Минтруда России, организаторы SAPE 2018 предлагают широкие возможности для презентации современных технологий и успешных проектов. Выставка, которая пройдет в рамках ВНОТ в четвертый раз, заслужила репутацию уникального полигона для испытания и демонстрации средств индивидуальной защиты.

Более подробную информацию см. на сайте www.sape-expo.ru

УДК 622.413

А. А. Мартынов, канд. техн. наук, горный инженер-физик,
e-mail: aviner.martynov@gmail.com, Донецкий экспертно-технический центр, Украина,
Н. И. Майбенко, горный инженер-физик, зав. лабораторией,
Ю. А. Плотникова, горный инженер, мл. науч. сотр., МакНИИ, Макеевка, Украина

Программное обеспечение расчетов температуры воздуха в тупиковых выработках глубоких шахт

Приведены результаты исследований и разработки программного обеспечения расчетов температурных условий в горных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания. Представлен комплекс мер по регулированию температурных условий в тупиковых выработках глубоких шахт на основе применения средств искусственного охлаждения воздуха.

Ключевые слова: шахта, тупиковая выработка, температура воздуха, программное обеспечение

Введение

Разработка угля подземным способом связана с необходимостью освоения действующими шахтами Донбасса новых более глубоких горизонтов в условиях высоких температур горного массива. Для большинства шахт основными системами разработки пластов в настоящее время являются различные варианты длинных столбов, что предопределяет проведение тупиковых выработок большой протяженности. Анализ перспективных планов развития горных работ на глубоких шахтах показывает, что доля тупиковых выработок протяженностью 500 м и более составляет 30...40 % от общего количества проводимых выработок. Проведение таких выработок на больших глубинах сопровождается формированием неблагоприятных температурных условий в призабойных рабочих зонах и по длине выработки [1—4].

Результаты многочисленных наблюдений свидетельствуют, что неблагоприятные тепловые условия в тупиковых выработках глубоких шахт большой протяженности наблюдаются уже на глубинах 600...700 м. На глубинах 1000...1300 м в тупиковых выработках длиной 800...1500 м температура воздуха без осуществления комплекса мер по ее снижению может достигать 32...36 °С и более.

Планирование работ по нормализации температурных условий в подготовительных тупиковых выработках глубоких шахт и эффективное последующее практическое применение средств искусственного охлаждения рудничного воздуха зависят от надежности результатов прогнозных тепловых расчетов, выполненных для конкретных условий проведения выработок.

До принятия того или иного технического решения по регулированию ожидаемых высоких значений температуры воздуха в призабойной зоне и по длине проводимой выработки, проветриваемой вентилятором местного проветривания, в обязательном порядке требуется по данной выработке выполнить комплекс тепловых расчетов. А для этого нужны эффективные методы и разработанные на их основе программные средства для выполнения расчетов на ПЭВМ температурных условий в горных выработках.

Особенности формирования микроклимата тупиковых выработок

Тепловой режим тупиковых горных выработок в глубоких шахтах формируется под влиянием сложных процессов тепло-массообмена между горным массивом и воздухом при воздействии целого ряда дополнительных факторов.

Основными источниками нагрева воздуха в выработках являются горный массив, работающее проходческое, транспортное и вспомогательное оборудование с электроприводом, транспортируемая горная масса, а в обводненных выработках и шахтная вода.

Микроклимат тупиковых выработок зависит от значений тепловых параметров воздуха перед вентиляторами местного проветривания в воздухоподающих выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии. Тепловые параметры воздуха, подаваемого на проветривание призабойных зон тупиковых выработок, зависят от способа проветривания, типа и количества используемых вентиляторов. Применяемое в большинстве случаев нагнетательное проветривание

тупиковых выработок сопровождается существенным повышением температуры подаваемого воздуха. Повышение температуры связано с работой вентилятора (вентиляторов) местного проветривания в результате внутренних потерь энергии и аэродинамического сжатия воздуха.

Неудовлетворительное состояние вентиляционного трубопровода часто является причиной увеличения мощности вентиляторной установки. В этих случаях стремление улучшить проветривание путем установки более мощных или дополнительных вентиляторов не всегда улучшает проветривание, явно неэкономично и всегда способствует дополнительному нагреву воздуха.

Нагрев воздуха в вентиляторах местного проветривания приводит к понижению его относительной влажности до 30 %. Совершенно иначе происходит изменение температуры воздуха в призабойном пространстве тупиковых выработок. В связи с нагревом его в вентиляторах и высокой влагопоглощательной способностью основная часть теплоты воспринимается воздухом в скрытой форме — путем поглощения влаги, испаряемой с поверхности горного массива и отбитой горной массы. Повышение влагосодержания воздуха зависит от вида работ, выполняемых в призабойном пространстве выработки.

Максимальный прирост температуры воздуха в выработках с буровзрывным способом проходки наблюдается при погрузке породы. Основной источник теплоты в этом случае — взорванная и измельченная горная масса, температура которой всего на 3...6 °С ниже естественной температуры ненарушенного горного массива. При бурении шпуров температура воздуха на 1...5 °С ниже, чем при погрузке породы вследствие охлаждающего эффекта от работы пневмодвигателей и испарительного охлаждения [1, 2]. Исключение составляют забои, в которых используются породопогрузочные машины, работающие на пневмоэнергии, где разность указанных температур несколько ниже.

При погрузке породы повышение относительной влажности воздуха составляет 16...30 %. Столь существенное повышение относительной влажности объясняется интенсивным испарением влаги с орошаемой в процессе погрузки отбитой горной массы, имеющей высокую температуру.

Комбайновый способ проходки выработок характеризуется повышенной энерговооруженностью призабойных рабочих зон и более высокими темпами проведения выработок. На больших глубинах это обуславливает формирование более неблагоприятных, чем при буровзрывном способе проходки, тепловых условий. В основном это объясняется: во-первых, высокой скоростью

подвигания забоя выработки, сопровождающегося интенсивным выделением теплоты и влаги обнажаемым горным массивом и горной массой при работе комбайна; во-вторых, использованием энергоемкого оборудования, обеспечивающего механизацию выемки, транспортирования и погрузку горной массы в призабойной части выработки и являющегося источником интенсивного выделения теплоты; в-третьих, применением большого количества воды для пылеподавления, способствующей интенсивному росту влагосодержания и относительной влажности и ухудшению теплового состояния воздуха [1—3].

В призабойных зонах тупиковых выработок тепловыделения при работе горнопроходческих комбайнов избирательного действия в 1,5—2 раза, а бурового действия — в 3—5 раз выше, чем в ремонтно-подготовительные смены, когда эти комбайны не работают. Основная часть теплоты, выделяющейся при работе комбайна, воспринимается воздухом в скрытом виде за счет испарения влаги с поверхностей горного массива и разрушенной горной массы.

Даже в благоприятных по тепловому фактору горно-геологических условиях проведения выработок (на глубинах 500...600 м температура окружающего горного массива около 26 °С) комбайновый способ проходки сопровождается формированием повышенных температур воздуха в призабойных зонах.

Изменение относительной влажности воздуха вдоль тупиковой части выработки зависит от интенсивности проветривания и влажностного состояния выработки. Характерно, что в выработках большой протяженности, где утечки воздуха через соединения в вентиляционных трубопроводах превышают нормативные значения, относительная влажность воздуха при обратном его движении снижается под влиянием притока воздуха с низкой относительной влажностью из вентиляционного трубопровода. Снижение относительной влажности на 100 м длины выработки составляет 1...3 %. Наблюдается тенденция к уменьшению величины относительной влажности воздуха в необводненных тупиковых выработках с увеличением глубины горных работ.

В тупиковых выработках, оборудованных конвейерным транспортом, формирование тепловых условий определяется тепловыделениями от работы конвейерных установок и транспортируемой горной массы. Вследствие низкой интенсивности проветривания тупиковых выработок тепло- и влаговыделения при конвейерной транспортировке горной массы в наибольшей мере характеризуют тепловлажностные параметры воздуха, исходящего от вентиляторов. Прирост относительной влажности воздуха в тупиковых выработках



с конвейерным транспортом, как правило, выше, чем в выработках с транспортировкой ископаемого в вагонетках.

В тупиковых выработках с комбайновой проходкой повышение теплосодержания при скоростных способах проведения проходки значительно превышает аналогичные значения при проведении проходки буровзрывным способом.

Диапазон изменения относительной влажности воздуха в призабойной части тупиковых выработок в зависимости от характера работ, выполняемых в забое, составляет 2...30 %, причем минимальное приращение относительной влажности (2...6 %) отмечено в призабойных зонах, где любые работы временно не выполнялись (выходные дни, перерывы в работе). Максимальный рост относительной влажности отмечен при погрузке породы (20...30 %). Верхние значения относительной влажности характерны для выработок со скоростными способами проходки. При работе проходческих комбайнов прирост относительной влажности поступающего на проветривание воздуха в призабойной зоне составляет 25...35 % [3].

К факторам, негативно влияющим на формирование теплового режима тупиковых выработок большой протяженности, относятся:

- большое аэродинамическое сопротивление трубопроводов для подачи воздуха в призабойные зоны и обусловленная этим большая мощность вентиляторов местного проветривания;

- большая поверхность теплообмена между потоками свежего и исходящего воздуха, а также между окружающим горным массивом и воздухом.

Результаты исследований и технические средства борьбы с высокими температурами воздуха в тупиковых выработках

Результаты шахтных исследований, выполненных в тупиковых выработках длиной 500...2000 м на глубинах 1000...1300 м при температурах вмещающих горных пород 37,0...47,0 °С, показали, что повышение температуры воздуха только за счет нагрева от работы вентиляторов местного проветривания (ВМП) в зависимости от их типа и количества составляло 5,0...10,4 °С, снижение относительной влажности — 14...28 % [1—3].

В процессе прохождения воздуха по вентиляционному трубопроводу до призабойных зон прирост температуры воздуха составлял 1,8...12,6 °С, снижение относительной влажности — 7...26 %. Температура воздуха, поступающего в призабойные зоны, достигала 33,0...34,0 °С и более при относительной влажности 26...44 %.

Температура воздуха, поступающего на проветривание призабойных зон тупиковых выработок по вентиляционным трубопроводам, на освоенных шахтах максимальных глубинах (1300...1400 м), как показывают шахтные исследования, без применения средств искусственного охлаждения воздуха может достигать 36,0...38,0 °С.

На участках обратного движения вентиляционной струи тепловые параметры воздуха формируются под влиянием тепловыделений окружающего горного массива, теплообмена между потоками поступающего и исходящего воздуха, притока части воздуха из вентиляционного трубопровода и ряда других источников тепловыделений.

Согласно результатам выполненных исследований относительная влажность исходящего воздуха вдоль не обводненных длинных тупиковых выработок, проводимых на глубинах более 1000 м, находится в пределах 45...70 %. Температура исходящего воздуха в этих выработках зависит от исходных его параметров перед ВМП, естественной температуры пород и местных источников тепловыделений по длине выработок.

Основным условием решения проблемы шахтного климата в тупиковых выработках глубоких горизонтов шахт является обеспечение качественного интенсивного их проветривания и эффективное применение средств искусственного охлаждения воздуха.

Начиная с 90-х годов прошлого столетия охлаждение воздуха в тупиковых подготовительных выработках глубоких шахт Донбасса осуществляется преимущественно передвижными холодильными установками.

Установки оборудуются кондиционерами КПШ 130-2-0 или КПШ 300 производства Одесского завода холодильного машиностроения ПАО "Холодмаш" [2, 3, 5, 6].

В процессе эксплуатации кондиционеры встраиваются в вентиляционный трубопровод диаметром 800...1200 мм, предназначенный для проветривания тупиковой выработки, и размещаются в свободном сечении выработки или ее уширении с соблюдением зазоров, регламентируемых Правилами безопасности. По мере подвигания забоя выработки кондиционеры перемещаются с учетом поддержания оптимального удаления их от забоя.

Охлажденный в воздухоохладителе воздух поступает к забою выработки за счет напора, создаваемого ВМП для проветривания выработки.

Кондиционеры КПШ 130-2-0 и КПШ 300 (рис. 1) выполняются в двухагрегатном исполнении. Каждый из них состоит из компрессорно-конденсаторного и воздухообрабатывающего блоков, хладоновые системы которых при монтаже

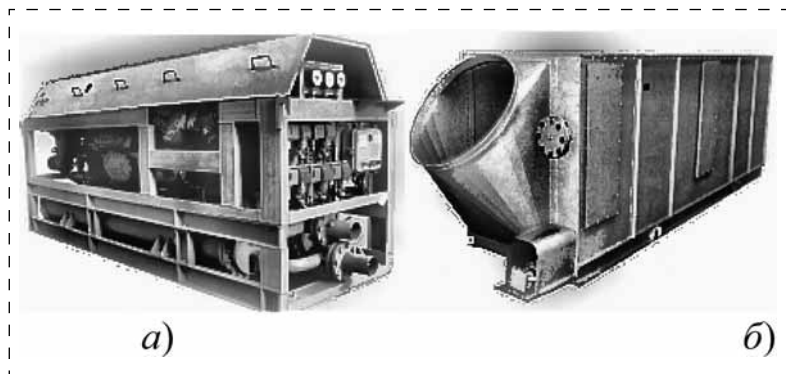


Рис. 1. Кондиционер передвижной шахтный КПШ 300:
а — компрессорно-конденсаторный блок; *б* — воздухообрабатывающий блок

в горной выработке соединяются между собой металлическими гибкими рукавами.

Основные технические характеристики данных кондиционеров следующие:

КПШ 130-2-0 — холодопроизводительность 130 кВт, напряжение силовых цепей 660 В, мощность электродвигателя компрессора 37 кВт, длина кондиционера в сборе 5400 мм, ширина 900 мм, высота 1400 мм, масса каждого из двух блоков соответственно 1650 кг и 1000 кг;

КПШ 300 — холодопроизводительность 300 кВт, напряжение силовых цепей 660 В, мощность электродвигателя компрессора 75 кВт, длина кондиционера в сборе 9420 мм, ширина 1100 мм, высота 1485 мм, масса каждого из двух блоков соответственно 3650 кг и 2500 кг.

Кондиционер является основным элементом передвижной холодильной установки. Кроме кондиционера в состав передвижной холодильной установки входят: вентиляционная система, обеспечивающая подачу воздуха через воздухоохладительный блок и создание тепловой нагрузки на кондиционер, система отвода теплоты конденсации холодильного агента; средства энергоснабжения и автоматизации. Для подачи воздуха через воздухоохладительный блок используются ВМП и вентиляционные трубопроводы диаметром 800...1200 мм, предназначенные для проветривания тупиковых выработок.

Технологические схемы передвижных холодильных установок отличаются типом и количеством применяемых в системе кондиционеров, схемами отвода теплоты конденсации холодильного агента и компоновочными решениями.

Нормализация температурных условий в тупиковых подготовительных выработках небольшой длины (до 500 м) осуществляется передвижными холодильными установками, оборудованными кондиционерами КПШ 130-2-0 и, как правило, не вызывает затруднений.

При охлаждении воздуха кондиционер размещают в тупиковой части выработки на расстоянии 100...150 м от забоя с включением воздухообрабатывающего блока кондиционера (рис. 1, *б*) в вентиляционный трубопровод со свежей струей воздуха.

Схемы размещения кондиционеров типа КПШ при охлаждении воздуха в тупиковых выработках могут быть различными: воздухообрабатывающий блок кондиционера встраивается в воздухопровод сразу за вентилятором местного проветривания (рис. 2, *а*); кондиционер устанавливается непосредственно в тупиковой выработке (рис. 2, *б*); кондиционер

размещается в уширении тупиковой выработки (рис. 2, *в*).

По мере удаления забоя от кондиционера вследствие увеличения потерь холода в воздухопроводе эффективность охлаждения воздуха снижается. Поэтому кондиционер периодически передвигают ближе к забою.

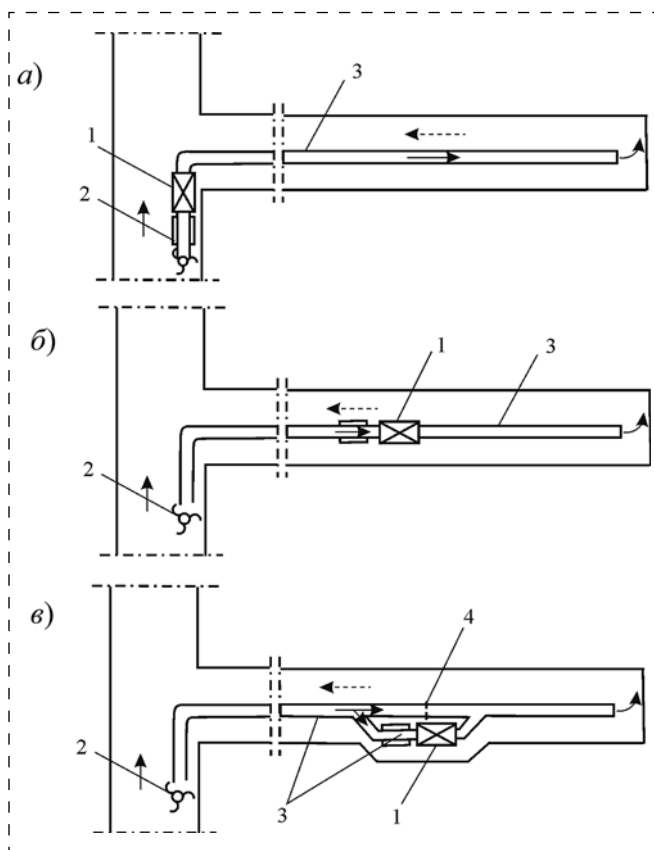


Рис. 2. Схемы размещения кондиционеров типа КПШ при охлаждении воздуха в тупиковых выработках:
 1 — кондиционер; 2 — вентилятор; 3 — воздухопровод; 4 — устройство для регулирования расхода воздуха

При большой длине и холодопотребности тупиковой выработки целесообразно использовать кондиционер КПШ 300 или параллельную (последовательную) по воздуху работу кондиционеров КПШ 130-2-0. При этом кондиционеры располагают на минимально возможном расстоянии от забоя.

Передвижные холодильные установки, оборудованные кондиционерами КПШ 300, обеспечивают нормализацию тепловых условий в механизированных тупиковых подготовительных выработках.

Передвижные холодильные установки для отвода теплоты конденсации холодильного агента могут оборудоваться в соответствии с оборотными схемами водоснабжения конденсаторов. При работе в цикле оборотного водоснабжения кондиционеры комплектуются водоохладительными модулями ОКВШ 170 или ОКВШ 200 [3, 5, 7], предназначенными для размещения их в выработках с исходящей вентиляционной струей (рис. 3).

Применение передвижной холодильной установки, оборудованной кондиционером КПШ 300, на шахте им. А. А. Скочинского при проведении полевого вспомогательного уклона № 2 центральной панели на глубинах 1200...1300 м (температура вмещающих горных пород 48...50 °С) позволило снизить температуру воздуха в призабойной рабочей зоне с 33,2...33,4 °С до 23,5...23,8 °С и обеспечить поддержание регламентируемой температуры в процессе проведения выработки.

Наряду с применением в настоящее время на шахтах шахтных кондиционеров КПШ 300 (КПШ 130-2-0) в тупиковых выработках могут использоваться и другие технические средства, в том числе зарубежного производства. Среди таких средств — шахтные кондиционеры непосредственного охлаждения рудничного воздуха зарубежного производства. Холодильная мощность некоторых из них приведена в табл. 1.

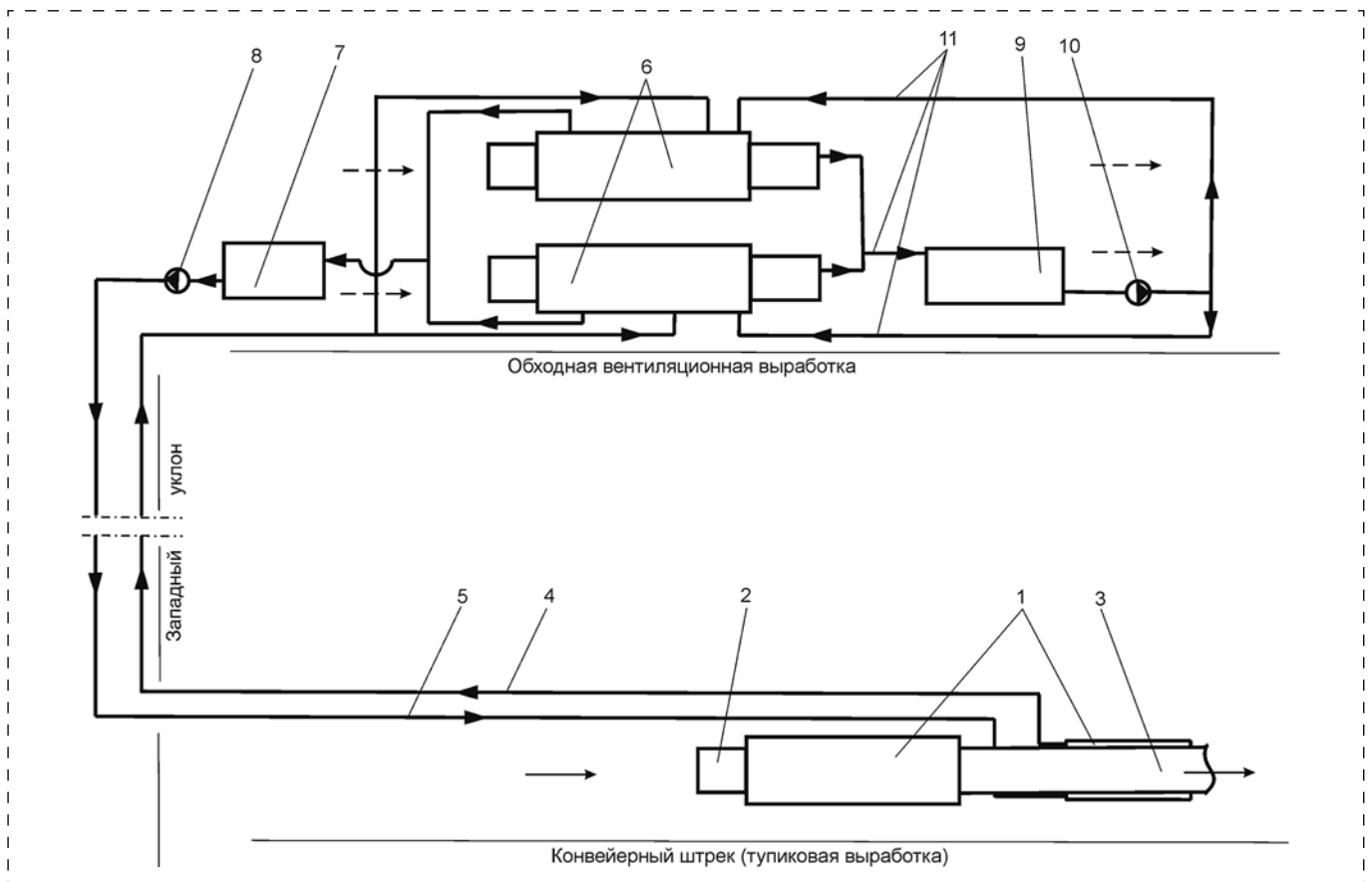


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема передвижной холодильной установки с кондиционером КПШ 300 и оборотной схемой водоснабжения конденсаторов:

1 — кондиционер КПШ 300; 2 — вентилятор; 3 — гибкий вентиляционный трубопровод для отвода охлажденного воздуха; 4, 5 — прямой и обратный трубопроводы конденсаторной воды; 6 — водоохладительные модули ОКВШ 200; 7 — емкость для воды, подаваемой на конденсатор; 8 — циркуляционный насос конденсаторной воды; 9 — емкость для сбора воды на орошение теплообменной поверхности водоохладительных модулей ОКВШ 200; 10 — насос для подачи воды на орошение теплообменной поверхности водоохладительных модулей ОКВШ 200; 11 — трубопроводы оросительной воды

Таблица 1

**Холодильная мощность шахтных кондиционеров
непосредственного охлаждения рудничного воздуха**

Марка кондиционера	Холодильная мощность, кВт	Страна-изготовитель
DV 150	155	Германия
DV 200	225	
DV 250	300	
DV 350	350	
DV 400	450	
GMC 350	395	Польша

При проведении тупиковых выработок с использованием горнопроходческих комбайнов и комплексов перспективным в решении проблемы нормализации теплового режима является рассредоточенное охлаждение воздуха и локализация тепловыделений в призабойных зонах.

**Программное обеспечение
расчетов температуры воздуха
в тупиковых выработках**

В настоящее время основным руководящим документом для проектных организаций и специалистов, занимающихся вопросами прогноза и регулирования теплового режима тупиковых горных выработок глубоких шахт, является стандарт "Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах" [7]. Последний базируется в основном на ранее действовавшей отраслевой методике "Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах" [8].

Расчетные зависимости для температуры воздуха в тупиковых выработках в указанных методических документах [7, 8] получены на основании решения системы дифференциальных уравнений теплового баланса, описывающих нестационарный теплообмен вмещающего горного массива и транспортируемой горной массы с проветриваемой выработку струей воздуха, теплоприращение воздуха за счет тепловыделений от находящихся в выработке местных источников, теплопередачу через стенку вентиляционного трубопровода, по которому свежий воздух подается в призабойную зону выработки и др.

Методология расчетов температуры воздуха и холодопотребности выработок, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, достаточно сложная [7—11] и требует от проектантов и специалистов, занимающихся тепловыми расчетами, специальных знаний, опыта и навыков для

их качественного выполнения. В связи с этим для осуществления требующихся многовариантных тепловых расчетов тупиковых выработок глубоких шахт и разработки на их основе специальных мер по регулированию (улучшению) теплового состояния рудничной атмосферы в них была еще в 90-е годы прошлого столетия на основе методики [8] разработана специальная компьютерная технология. В последующие годы данная технология выполнения тепловых расчетов на ПЭВМ была усовершенствована [12, 13].

В качестве основных исходных данных при применении рассматриваемого программного обеспечения расчетов тупиковых выработок являются: глубина расположения выработки, м; геотермическая ступень для шахтного поля, м/°С; расчетная длина тупиковой части выработки, м; площадь поперечного сечения выработки, м²; скорость проведения выработки, м/мес.; угол наклона выработки, град.; тип вмещающих горных пород; тип крепи выработки; ожидаемый водоприток в выработку, м³/ч; тип и схема установки ВМП для проветривания выработки; расход воздуха через ВМП, м³/с; материал, диаметр и длина звеньев воздухопровода, м; коэффициент утечек воздуха в воздухопроводе; технические характеристики применяемого проходческого, транспортного и иного оборудования (комбайн, погрузочная машина, конвейер, насос, лебедка и т. д.); температура (°С) и относительная влажность воздуха (%) в выработке перед ВМП.

Предлагаемая компьютерная технология [13] широко апробирована для различных условий формирования параметров микроклимата в тупиковых выработках многих глубоких шахт Донбасса: им. В. М. Бажанова, им. А. А. Скочинского, "Шахтерская-Глубокая", "Прогресс", им. А. Г. Стаханова и др. Тепловому расчету тупиковой выработки должен предшествовать анализ геологических и горнотехнических условий ее проведения, схемы и параметров ее проветривания и др. Для выработки, по которой будут выполняться тепловые расчеты, в качестве исходных данных используются:

- геометрические и технические характеристики (длина, угол наклона, площадь и периметр поперечного сечения выработки, вид и характеристика крепи и др.);
- барометрическое давление, относительная влажность и расход воздуха;
- сведения о наличии и расположении местных источников тепло- и влаговыведения (машины и механизмы, их тип, количество, режим работы, мощность, грузопоток транспортируемой горной массы, водоприток и др.);
- естественная температура вмещающих горных пород, их теплофизические характеристики;



— время проветривания начального и конечного расчетных пунктов тупиковой части горной выработки и др.

При тепловых расчетах строящихся стволов в качестве исходных данных используются следующие параметры воздуха, поступающего на их проветривание: температура, относительная влажность, барометрическое давление. Значения указанных параметров на поверхности шахты принимаются как средние значения для соответствующих периодов года, по данным многолетних метеорологических наблюдений.

Исходные данные для прогноза тепловых условий в сети горных выработок принимаются на основе технологического проекта, по данным геологических организаций, а также по фактическим данным эксплуатации действующих горизонтов или соседних шахт.

По данным геологических организаций принимаются геотермические показатели шахтного поля, литологический состав, температура и теплофизические характеристики вмещающих горных пород и угольных пластов и др.

Значения относительной влажности воздуха в различных пунктах тупиковых выработок глубоких шахт принимаются по данным фактических замеров в выработках этих или соседних шахт с аналогичными условиями проходки.

При искусственном охлаждении воздуха относительная влажность воздуха после воздухоохладителя принимается 0,95...1,0. После ввода исходных данных для тупиковой выработки на первом этапе производится расчет температуры воздуха: в воздухоподающем трубопроводе — в начале после ВМП и в его конце; в призабойной зоне выработки — на расстоянии 8 м от "груди" забоя; в устье выработки при режиме ее проветривания

без применения средств искусственного охлаждения воздуха.

На втором этапе в связи с тем, что установленная расчетная температура воздуха в призабойной рабочей зоне выработки превышает максимально допустимое значение, производится расчет температуры воздуха и определение с целью нормализации тепловых условий холодильной мощности шахтного кондиционера при размещении его в выработке на заданном расстоянии от "груди" забоя (как правило, 100...150 м).

Процедуры теплового расчета выработки, проветриваемой ВМП, позволяют редактировать и сохранять на диске исходные данные, а также отображать результаты теплового расчета на соответствующих графиках. Последнее относится и к расчету холодопотребности, определению холодильной мощности воздухоохлаждающего устройства для обеспечения в призабойной зоне заданной температуры воздуха при применении искусственного его охлаждения.

При тепловых расчетах тупиковых выработок определяются:

— температуры воздуха в призабойной зоне, в устье выработки (исходящей струи воздуха) при естественном режиме формирования микроклимата (без осуществления специальных мер по снижению температуры воздуха) и применении искусственного охлаждения воздуха;

— холодопотребность призабойной зоны тупиковой выработки при различных вариантах осуществления специальных мер по улучшению тепловых условий, в том числе при применении средств искусственного охлаждения воздуха в выработке и т. д.

На рис. 4 представлены результаты расчета температуры воздуха при естественном режиме проветривания тупиковой выработки, а на рис. 5 —

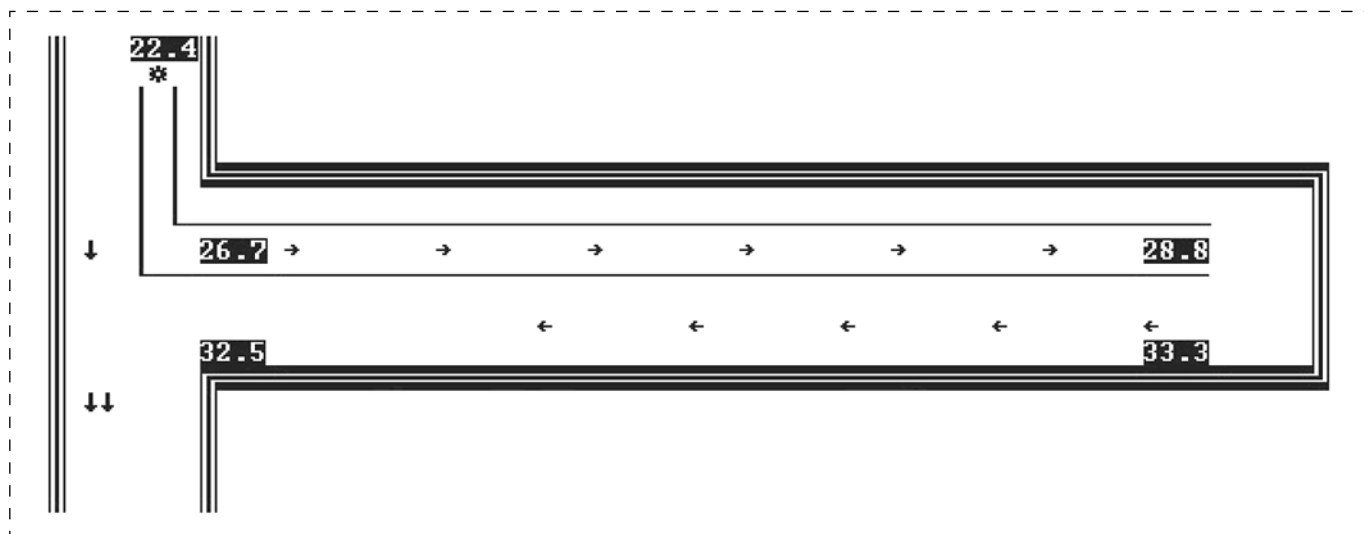


Рис. 4. Отображение результатов расчета температуры воздуха при естественном режиме проветривания тупиковой выработки

результаты расчета температуры воздуха при применении искусственного охлаждения и холодильной мощности кондиционера для охлаждения воздуха в тупиковой выработке.

На рис. 4 показана принципиальная схема тупиковой выработки с расположенным в ней воздухопроводом для проветривания тупикового забоя. Стрелками показано направление движения свежего воздуха в воздухопроводе и вентиляционной исходящей из забоя струи воздуха в сечении тупиковой выработки. Цифрами обозначены расчетные значения температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) при использовании программного обеспечения в варианте, когда не применяются средства искусственного охлаждения воздуха в тупиковой выработке.

На рис. 5 показана принципиальная схема тупиковой выработки с расположенным в ней воздухопроводом и встроенным в него кондиционером для охлаждения воздуха, подаваемого на проветривание тупикового забоя выработки. Стрелками показано направление движения свежего воздуха (в воздухопроводе до кондиционера и после кондиционера) и вентиляционной исходящей из забоя струи воздуха в сечении тупиковой выработки. Цифрами обозначены расчетные значения температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), а также прогнозируемая холодильная мощность кондиционера, которая обеспечит поддержание в забое выработки значения температуры воздуха не более $25,0^{\circ}\text{C}$, а именно 213 кВт (показана на рис. 5 в месте установки кондиционера).

Выполнение указанных тепловых расчетов необходимо при разработке проектов отработки новых глубоких горизонтов шахт, планировании ввода в эксплуатацию новых выемочных участков, разработке специальных мер по регулированию теплового состояния шахтной атмосферы в тупиковых выработках на различных этапах их проходки.

Апробация программного обеспечения

Апробация компьютерной технологии на многих шахтах с глубиной разработки угольных пластов 800...1200 м и более показала ее надежную работоспособность и достоверность выполняемых прогнозных тепловых расчетов. Погрешность прогноза температуры воздуха в большинстве случаев не превышает $1,0...1,5^{\circ}\text{C}$. Результаты сравнения тепловых расчетов и фактических замеров температуры воздуха по ряду выработок на шахтах приведены в табл. 2.

Наибольшую сходимость фактических и расчетных значений параметров микроклимата в тупиковых выработках данная компьютерная технология обеспечивает, как показал длительный опыт ее апробации на различных шахтах Донбасса, при длине выработок до 1000 м [3, 13].

При большей длине выработок погрешность тепловых расчетов с использованием данного программного обеспечения увеличивается. Это обстоятельство требует в настоящее время для тупиковых выработок большой длины (1500...2500 м) выполнения дополнительных исследований и доработки данной компьютерной программы тепловых расчетов выработок, проветриваемых вентиляторами местного проветривания.

Внедрение компьютерной технологии прогноза температурных условий в подготовительных выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, обеспечивает возможность оперативного прогнозирования ожидаемых температурных условий в забоях проводимых выработок, разработки действенных мер по их улучшению, в том числе за счет применения средств искусственного охлаждения воздуха.

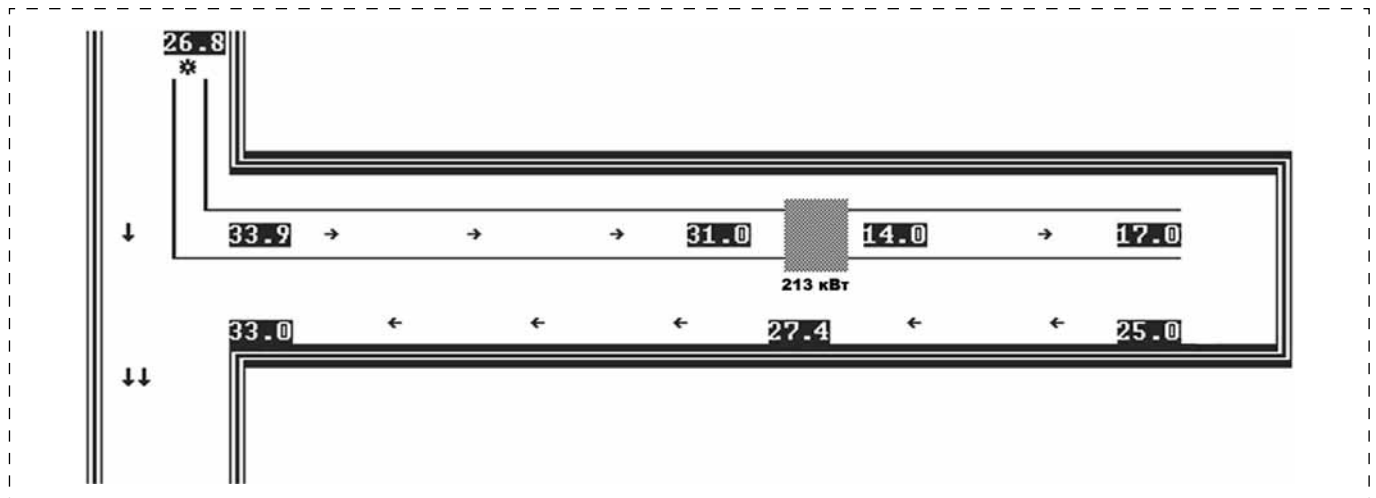


Рис. 5. Отображение результатов расчета температуры воздуха и холодильной мощности кондиционера (213 кВт) для охлаждения воздуха в тупиковой выработке

Результаты фактических и расчетных значений температуры воздуха в тупиковых выработках глубоких шахт

Наименование шахты, выработки	Глубина расположения выработки, м	Длина тупиковой выработки, м	Замеренные значения температуры (t , °С)/относительной влажности воздуха (ϕ , %) в тупиковой выработке				Расчетные значения температуры воздуха (t , °С) в тупиковой выработке	
			перед ВМП	поступающего в забой	призабойной зоне	устье выработки	призабойной зоне	устье выработки
"Трудовская", 11-й западный вентиляционный штрек	850	990	20,4/76	29,6/40	28,8/70	27,4/91	28,0	28,0
Им. В. М. Бажанова, конвейерный штрек гор. 1100 м	1066	683	24,0/76	30,4/52	31,0/67	30,0/74	30,7	31,0
"Прогресс", южный полевой откаточный штрек	1213	440	31,7/62	34,6/53	34,0/72	33,6/75	34,2	34,4

При увеличении длины тупиковой части до 1500 м и более в действующих выработках, где фактические значения температур и холодопотребности уже установлены, отрегулировать микроклимат в забоях этих выработок можно за счет дополнительного увеличения холодильной мощности средств охлаждения для локализации прироста тепловыделений, определяемых увеличением мощности ВПМ для подачи воздуха.

Положительные результаты использования компьютерной программы позволяют рекомендовать ее для применения работниками угольной промышленности, занимающихся решением проблемы борьбы с высокими температурами воздуха в глубоких шахтах.

Разработанное программное обеспечение для тепловых расчетов тупиковых выработок может быть эффективно использовано во взаимосвязи с программным обеспечением тепловых расчетов сети подводящих шахтных воздухоподающих выработок [13].

При тепловом расчете тупиковой выработки с неизвестной температурой воздуха перед ВМП сначала производится расчет значений температуры воздуха в сети подводящих выработок со свежей струей до данной тупиковой выработки.

Принципиальная схема одного из вариантов сети горных выработок и последовательности выполнения соответствующих расчетов температуры воздуха в них представлена на рис. 6.

На данной схеме показано: сплошной "стрелкой" — направление свежей струи воздуха, пунктирной — утечек воздуха через выработанное пространство и исходящей из лавы вентиляционной

струи воздуха; 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 4-7, 7-8, 8-9 — расчетные участки сети горных выработок, из которых, например, 1-2 — горизонтальный воздухоподающий квершлаг, 2-3 — горизонтальный воздухоподающий откаточный штрек, 3-4 — воздухоподающий наклонный ходок, 4-5-6 — воздухоподающий наклонный ходок и участковый воздухоподающий откаточный штрек (тупиковая выработка), 4-7 — участковый воздухоподающий откаточный штрек, 7-8 — лава, 8-9 — участковый вентиляционный штрек.

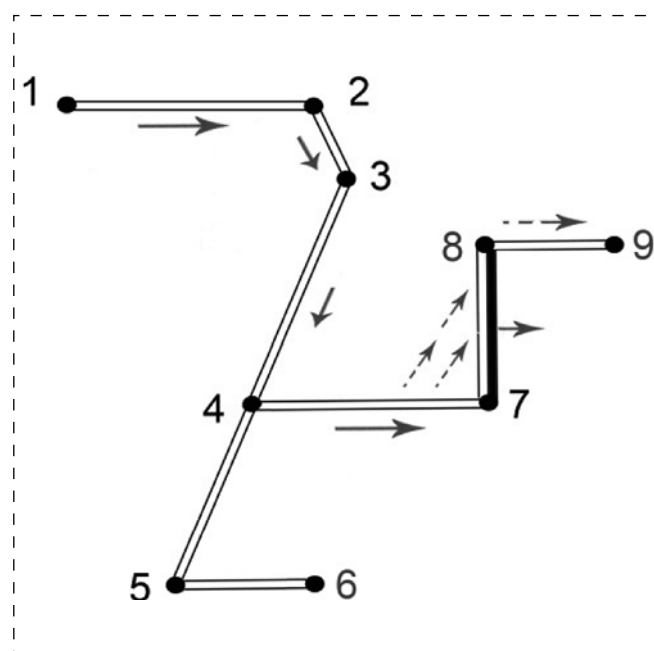


Рис. 6. Принципиальная схема расчета температуры воздуха в сети горных выработок шахты

Все вводимые при последовательном расчете исходные данные по горным выработкам на отображаемых панелях проверяются в автоматическом режиме. Для каждого поля исходных данных в программе введены специальные ограничения.

По результатам выполнения такого комплекса вариантных расчетов непосредственно инженерно-техническим персоналом шахт могут быть разработаны меры, направленные на улучшение тепловых условий в подготовительных тупиковых выработках.

Положительные результаты апробации и внедрения программного обеспечения расчетов температуры воздуха в подготовительных тупиковых выработках шахт Донецкого бассейна с глубиной ведения горных работ 600—1350 м позволяют рекомендовать его для широкого применения работниками угольной промышленности, занимающихся проблемой борьбы с высокими температурами рудничной атмосферы в выработках глубоких угольных шахт.

Выводы

Решение проблемы регулирования теплового режима выработок, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, в глубоких шахтах может быть осуществлено только на основе обеспечения их интенсивным проветриванием и применением средств искусственного охлаждения воздуха.

Для разработки и обоснования рациональных по тепловому фактору горнотехнических и специальных мер по регулированию теплового состояния рудничной атмосферы в выработках, проветриваемых вентиляторами местного проветривания, при планировании ведения горнопроходческих работ на больших глубинах разработана на основании нормативных документов специальная компьютерная технология.

При тепловых расчетах тупиковых выработок с использованием компьютерной программы определяются: температура воздуха в призабойной зоне, в устье выработки (исходящей струи воздуха) при естественном режиме формирования микроклимата (без осуществления специальных мер по снижению температуры воздуха) и применении искусственного охлаждения воздуха, холодопотребность призабойной зоны тупиковой выработки при различных вариантах осуществления специальных мер, в том числе при применении средств искусственного охлаждения воздуха в выработке и т. д.

Программное обеспечение широко апробировано для различных условий формирования параметров микроклимата в тупиковых выработках глубоких шахт Донбасса.

Список литературы

1. **Хохотва Н. Н., Яковенко А. К.** Кондиционирование воздуха при строительстве глубоких шахт. — М.: Недра, 1985. — 183 с.
2. **Яковенко А. К.** Кондиционирование воздуха в лавах и подготовительных выработках глубоких шахт // Уголь Украины. — 2005. — № 5. — С. 39—42.
3. **Мартынов А. А., Малеев Н. В., Яковенко А. К.** Тепловой режим глубоких угольных шахт: Монография / Под ред. А. А. Мартынова. — Донецк: Ноулидж, 2014. — 443 с.
4. **Яковенко А. К., Майбенко Н. И., Климов А. А., Плаксиенко О. В.** Тепловой режим лав при выемке тонких пластов стругами и пути его регулирования // Уголь Украины. — 2014. — № 2 (686). — С. 12—15.
5. **Мартынов А. А., Малеев Н. В., Яковенко А. К., Орищак В. А.** Способы и направления улучшения температурных условий в глубоких шахтах // Уголь Украины. — 2010. — № 5. — С. 20—26.
6. **Майбенко Н. И., Яковенко А. К., Климов А. А.** Состояние и приоритетные направления развития кондиционирования рудничного воздуха в глубоких шахтах Донбасса // Горная техника. — 2013. — Вып. 1 (11). — С. 28—33.
7. **Прогнозування та нормалізація теплових умов у вугільних шахтах.** СОУ-Н 10.1.00174088.027:2011. — Макіївка, 2011. — 188 с.
8. **Единая методика** прогнозирования температурных условий в угольных шахтах / Под ред. В. А. Кузина, Н. Н. Хохотвы. — Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1979. — 189 с.
9. **Малашенко Э. Н., Зимин Л. Б.** Методы тепловых расчетов тупиковых горных выработок. В сборнике: Тепловой режим глубоких угольных шахт и металлических рудников. — Киев, 1977. — С. 101—116.
10. **Щербань А. Н., Малашенко Э. Н., Зимин Л. Б.** Методика расчета температуры вентиляционной струи в тупиковых горных выработках. — Киев: Наукова думка, 1975. — 86 с.
11. **Щербань А. Н., Черняк В. П.** Методы расчета температуры воздуха в подготовительных выработках угольных шахт / ДАК УССР. — 1976. — Сер. А. — № 10. — С. 954—958.
12. **Морев А. М., Мартынов А. А., Малеев Н. В., Яковенко А. К.** Программное обеспечение расчета температуры воздуха в выработках выемочных участков глубоких шахт // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 1. — С. 51—56.
13. **Мартынов А. А., Малеев Н. В., Яковенко А. К.** Тепловые расчеты и выбор средств охлаждения для регулирования микроклимата в тупиковых выработках глубоких шахт // Розробка родовищ 2013: щорічний науково-технічний збірник; редкол.: В. І. Бондаренко та ін. — Донецк: ТОВ "ЛізуновПрес", 2013. — С. 121—130.



A. A. Martynov, Engineer, e-mail: aviner.martynov@gmail.com,
Donetsk Expert-Technical Center, Ukraine, N. I. Maybenko, Head of Laboratory,
Yu. A. Plotnikova, Junior Researcher, Makeevka Research Institute, Ukraine

Software for Air Temperature Calculation in Blind Drifts of Deep Mines

The results of research are provided as well as the results of program development of the thermal analysis of mine workings being ventilated by the ventilator of local airing. The complex of measures for regulation of temperature conditions in these mine workings on the basis of application of artificial air cooling facilities is set out.

Keywords: mine, blind drift, air temperature, software

References

1. Hohotva N. N., Yakovenko A. K. Konditsionirovanie vozduha pri stroitelstve glubokih shaht. Moscow: Nedra, 1985. 183 p.
2. Yakovenko A. K. Konditsionirovanie vozduha v lavah i podgotovitelnykh vyirabotkakh glubokih shaht. *Ugol Ukrainyi*. 2005. No. 5. P. 39–42.
3. Martynov A. A., Maleev N. V., Yakovenko A. K. Teplovoy rezhim glubokih ugolnykh shaht. Monografiya / Pod redaktsiei A. A. Martynova. Donetsk: Izd-vo Noulidzh, 2014. 443 p.
4. Yakovenko A. K., Maybenko N. I., Klimov A. A., Plaksienko O. A. Teplovoy ejim lav pri vyiemke tonkih plastov strugami i puti ego regulirovaniya. *Ugol Ukrainyi*. 2014. No. 2. P. 12–15.
5. Martynov A. A., Maleev N. V., Yakovenko A. K., Orischak V. A. Sposoby i napravleniya uluchsheniya temperaturnykh usloviy v glubokih shahtah. *Ugol Ukrainyi*. 2010. No. 5. P. 20–26.
6. Maybenko N. I., Yakovenko A. K., Klimov A. A. Sostoyanie i prioritetye napravleniya razvitiya konditsionirovaniya rudnichnogo vozduha v glubokih shahtah donbassa. *Gornaya tekhnika*. 2013. No. 1 (11). P. 28–33.
7. Prognozuvannya ta normalizatsiya teplovih umov u vugilnih shahtah. SOU-N 10.1.00174088.027:2011. Makiyivka, 2011. 188 p.
8. Edinaya metodika prognozirovaniya temperaturnykh usloviy v ugolnykh shahtah / Pod red. V. A. Kuzina, N. N. Hohotvyi. Makeevka-Donbass: MakNII, 1979. 189 p.
9. Malashenko E. N., Zimin L. B. Metodyi teplovykh raschetov tupikovykh gornykh vyirabotok. V *sbornike: Teplovoy rezhim glubokih ugolnykh shaht i metallicheskih rudnikov*. Kiev, 1977. P. 101–116.
10. Scherban A. N., Malashenko E. N., Zimin L. B. Metodika rascheta temperatury ventilyatsionnoy strui v tupikovykh gornykh vyirabotkakh. Kiev: Naukova dumka, 1975. 86 p.
11. Scherban A. N., Chernyak V. P. Metodyi rascheta temperatury vozduha v podgotovitelnykh vyirabotkakh ugolnykh shaht. DAK USSR. 1976. Ser. A. No. 10. P. 954–958.
12. Morev A. M., Martynov A. A., Maleev N. V., Yakovenko A. K. Programmnoe obespechenie rascheta temperatury vozduha v vyirabotkakh vyiemochnykh uchastkov glubokih shaht. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2012. No. 1. P. 51–56.
13. Martynov A. A., Maleev N. V., Yakovenko A. K. Teplovyie raschety i vyibor sredstv ohlazhdeniya dlya regulirovaniya mikroklimata v tupikovykh vyirabotkakh glubokih shaht / Rozrobka rodovisch 2013: schorlchniy nauko-vechniy zbirnik. Redkollegiya: V. I. Bondarenko ta in. Donetsk: TOV "LizunovPres", 2013. P. 121–130.

Информация

В 2018 году Международная выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты Securika St. Petersburg сменит площадку и пройдет в ВК "Ленэкспо", Павильон 7.

Изменились и даты проведения выставки: 30 октября — 1 ноября 2018 года.

Кроме смены площадки, выставку ждут и другие перемены, призванные повысить ценность выставки для специалистов в области обеспечения безопасности. Так, деловая программа станет еще более насыщенной — будут организованы конференции, практические семинары, воркшопы, нетворкинг-сессии на такие темы, как IoT в индустрии безопасности, пожарная безопасность, транспортная безопасность, антитеррористическая безопасность и многие другие.

Более подробная информация — на сайте securika-spb.ru

УДК 662.61.074:665.6

В. Д. Катин, д-р техн. наук, проф. кафедры, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, проф. кафедры, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, **А. Ю. Березуцкий**, вед. инж., e-mail: BerezutskyAY@yahoo.com, АО "ННК-Хабаровский НПЗ", Хабаровск

Новое газомазутное горелочное устройство с малым выбросом оксидов азота для нефтезаводских печей

Приведены данные анализа эколого-технического уровня состояния парка действующих горелочных устройств (ГУ), работающих на газообразном и жидком топливе, типа ГИК, ГЭВК, ГП и эксплуатируемых на отечественных нефтеперерабатывающих заводах. Показаны конструктивные и эксплуатационные недостатки ГУ, а также современные требования, предъявляемые к применению горелочных устройств. Разработана и предложена принципиально новая конструкция ГУ типа ГП с малым выбросом токсичных оксидов азота, защищенная авторским патентом на полезную модель. Приведены рекомендации по эксплуатации предлагаемого нового горелочного устройства для совместного и раздельного сжигания газообразного и жидкого топлива.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающий завод, трубчатые печи, газомазутные горелочные устройства, сжигание топлива, оксиды азота, новое горелочное устройство, амбразура горелочного устройства, рециркулирующие дымовые газы

Введение

В последнее время все острее поднимается вопрос обеспечения экологической безопасности различных производств, включая нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). На НПЗ страны эксплуатируется более 1500 технологических трубчатых печей, в составе которых работают десятки тысяч горелочных устройств, являющихся основными источниками загрязнения атмосферного воздуха [1, 2]. В связи с этим ГУ должны обеспечивать не только полное и экологичное сжигание топлива (без химического недожога и с минимальным избытком воздуха и выбросом вредных веществ), но и необходимый теплообмен в топочном пространстве, создавая оптимальный температурный профиль по длине трубчатого змеевика с целью получения максимального выхода целевых продуктов в соответствии с технологическим регламентом.

При этом под рациональным режимом работы ГУ в нефтезаводской печи следует понимать такие условия эксплуатации, при которых достигаются максимальный КПД печного агрегата, экономичность горения топлива и минимальные вредные выбросы в атмосферу [2].

На отечественных НПЗ эксплуатируются ГУ следующих типов и классов:

- диффузионного принципа сжигания топлива (горелки типа ГП и др.);
- инжекционные ГУ с полным предварительным смешением топлива и воздуха (типа ГИК, ГЭВК, ГГМ и др.);

- многосопловые плоскофакельные ГУ типа ФП и др., работающие по смешанному принципу горения.

При этом по данным обследования парка ГУ на ряде НПЗ около 75...80 % всех ГУ приходится на диффузионные ГУ, а остальные 20...25 % представляют ГУ кинетического и диффузионно-кинетического принципа горения [3].

Эколого-технические требования, предъявляемые к горелочным устройствам

Проблема модернизации действующих и разработки новых конструкций ГУ для трубчатых нагревательных печей всегда считалась одной из актуальных. На протяжении многих лет выпускаемые отечественной промышленностью ГУ являлись универсальными и использовались в различных типах трубчатых печей без учета каких-либо специфических особенностей их конструкций, а также параметров и условий работы: состава и вида сжигаемого топлива, подогрева воздуха и др. [2, 3].

Проектирование ГУ для отечественных нефтезаводских печей осуществляется в полном соответствии с требованиями государственного стандарта [4]. В зарубежной европейской практике проектирование ГУ осуществляется в соответствии с условиями и требованиями стандартов DIN 4788 для газообразного топлива и DIN 4787 для жидкого топлива [5].



К конструированию и применению ГУ, работающих на газообразном и жидком топливе, предъявляется ряд следующих требований [1–3]:

- простота конструкции, компактность и надежность в эксплуатации (длительность работы не менее межремонтного срока службы печи);
- обеспечение полного сжигания топлива при малых избытках воздуха;
- возможность включения в систему автоматического управления тепловым процессом печи;
- необходимость организации для каждого типа ГУ такого метода сжигания, у которого габаритные и теплообменные параметры факела наиболее соответствуют размерам топки и относительному расположению экранных поверхностей во избежание прямого контакта пламени с поверхностью труб;
- обеспечение охраны воздушного бассейна, т. е. предотвращение его загрязнения токсичными продуктами сгорания, в том числе оксидами азота.

Эколого-техническое состояние газомазутных горелочных устройств

Следует отметить, что применяемые на НПЗ ГУ не в полной мере удовлетворяют перечисленным требованиям. Необходим критический анализ эколого-технического уровня эксплуатации парка ГУ на нефтезаводских печах. Авторами данной работы было проведено обследование технического состояния парка ГУ. Одной из особенностей методов сжигания газообразного и жидкого топлива в трубчатых печах является возможность в некоторых конструкциях ГУ одновременного совместного сжигания газа и мазута в одном корпусе.

Однако для большинства комбинированных горелок отечественного производства (ГП, ГИК, ГЭВК и др.) эти возможности весьма ограничены. Так, опыт эксплуатации ГУ типа ГП с жидкостной форсункой, предназначенной для вертикальной и горизонтальной установки на печах, показывает, что при наклонном расположении форсунки с поступлением в нее жидкого топлива в смесителе происходит расслоение фаз и пульсационный выброс нераспыленного мазута. В комбинированных ГУ типа ГЭВК-500, запроектированных для оснащения трубчатых печей большой единичной мощности, при эксплуатации наблюдается явление попадания капель мазута в газовые сопла, в результате чего закоксовываются отверстия и нарушается одновременное сжигание газа и мазута в одном корпусе ГУ.

Причиной этого является неудачное совместное расположение газовой части ГУ в одной камере с жидкостной форсункой [6]. Аналогичный конструктивный недостаток имеется у инъекционных ГУ типа ГИК-2, находящихся в эксплуатации на ряде печей НПЗ. Здесь также основной причиной нарушения нормальной работы ГУ является

близкое расположение зоны воспламенения газа и мазута, когда выходящие струи газообразного топлива деформируют поток распыленного жидкого топлива, в результате чего ухудшаются условия для распыления капель мазута и перемешивания его паров с воздухом. В связи с этим необходима модернизация и разработка новых конструкций ГУ с точки зрения повышения экологичности работы и их надежности в эксплуатации.

Модернизация и разработка новой конструкции горелочного устройства типа ГП

Авторами предложена новая конструкция газомазутного ГУ типа ГП, которая позволяет повысить эффективность совместного сжигания газа и мазута в одном корпусе ГУ. Апробация модернизированного ГУ в заводских условиях показала надежную и эффективную ее работу как при совместном одновременном, так и раздельном сжигании мазута и газа [7, 8]. В то же время следует отметить, что одним из существенных недостатков предлагаемого ГУ является повышенный выброс токсичных оксидов азота при совместном горении газа и мазута вследствие стационарного расположения распылительной части мазутной форсунки у основания амбразуры. Известно, что выход термических оксидов азота при сжигании топлива определяется максимальной температурой факела, которая наблюдается в данном случае. Образующее ядро факела при сжигании мазута имеет наиболее высокую температуру, что приводит к повышенному выходу оксидов азота [3].

В связи с этим авторами статьи разработана принципиально новая конструкция газомазутного ГУ, позволяющая снизить выбросы оксидов азота и за счет этого повысить экологическую эффективность ее эксплуатации. Для решения поставленной задачи в традиционном газомазутном ГУ, содержащем корпус с патрубком для подачи воздуха, соединенный с амбразурой ГУ, установленного в отверстие печи, смесительную камеру, трубу с патрубком для подачи воздуха при работе ГУ на мазуте, расположенную по оси корпуса, вставку, предназначенную для образования пережима на воздушном тракте, периферийный кольцевой коллектор с патрубком и газораздающими отверстиями, а также мазутную форсунку, распылительную часть которой следует расположить в амбразуре ГУ. Форсунка установлена с возможностью осевого перемещения относительно амбразуры ГУ к ее выходу. Кроме того, в ГУ дополнительно выполнен канал с заслонкой для подачи рециркулирующих дымовых газов через отверстие в амбразуре ГУ.

Предлагаемое техническое решение иллюстрируется рисунком, из которого видно, что распылительная часть мазутной форсунки 10 размещена с возможностью осевого перемещения относительно амбразуры 3 ГУ к ее выходу с помощью

регулирующего механизма, представляющего собой соединение винт-гайка *11* и расположенного на трубе *5* и форсунке *10*.

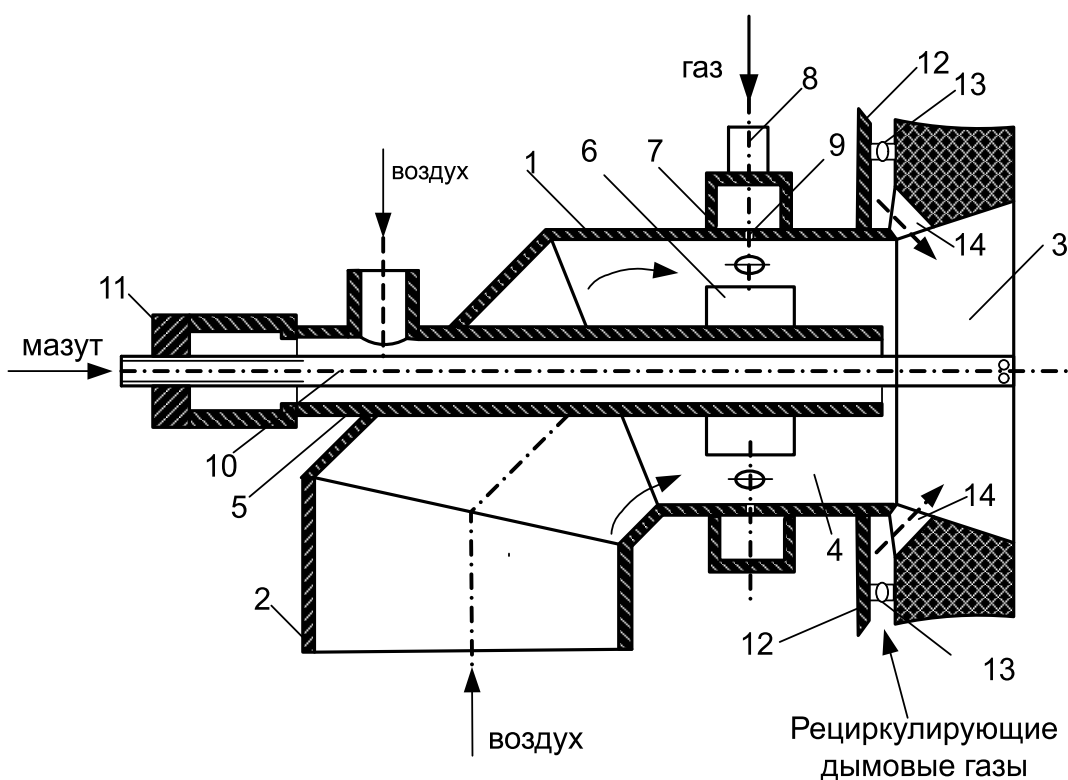
Горелочное устройство оборудовано специальным каналом *12* с заслонкой *13*, через который в отверстие *14*, выполненное в основании амбразуры *3*, подают рециркулирующие газы в зону горения топлива.

Благодаря этим отличительным признакам значительно снижаются выбросы оксидов азота при совместном сжигании газа и мазута в ГУ. Это объясняется тем, что при работе ГУ на газе и мазуте газ через патрубок поступает в коллектор и, распределяясь по газораздающим отверстиям, расположенным в смесительной камере, истекает в виде поперечных струй в высокоскоростной поток воздуха, а распылительная часть форсунки перемещается к выходу амбразуры. Это приводит к перемещению ядра факела в топку печи, в которой теплоотвод от факела в несколько раз больше, чем в самой амбразуре, что способствует снижению максимальной температуры и уменьшению выхода на 5...10 % термических оксидов азота. Кроме того, в предлагаемом ГУ предусмотрена подача рециркулирующих дымовых газов через канал с заслонкой в отверстие, расположенное в основании амбразуры ГУ, что позволяет дополнительно снизить на 15...20 % выбросы оксидов азота.

Авторское техническое решение защищено патентом на полезную модель [9].

Новое газомазутное ГУ работает следующим образом. При работе ГУ на газе воздух из патрубка *2* поступает в виде кольцевого потока в корпус *1*. При достижении потоком воздуха вставки *6* осуществляется поджатие его, в результате чего возрастает скорость подачи. Одновременно газ по патрубку *8* поступает в кольцевой коллектор *7* и, равномерно распределяясь по газораздающим отверстиям *9*, истекает из них системой поперечных струй в высокоскоростной поток воздуха. В смесительной камере *4* происходит интенсивный массообмен воздуха и газа, и за счет поворота вставки *6*, осуществляемого с помощью тяги, обеспечивается изменение определяющего размера потока. Далее образуемая газоздушная смесь поступает в амбразуру *3* ГУ, где и начинается ее воспламенение и горение.

При совместном сжигании газа и мазута в смесительную камеру *4* из патрубка *2* воздух подается в виде кольцевого потока. При достижении потоком воздуха вставки *6* осуществляется его поджатие, в результате чего возрастает скорость подачи. Одновременно газ по патрубку *8* поступает в коллектор *7* и, распределяясь по газораздающим отверстиям *9*, истекает из них в виде поперечных струй в высокоскоростной поток воздуха, и происходит



Конструкция нового малотоксичного газомазутного горелочного устройства типа ГП (пат. 158820) [9]:

1 — корпус; *2* — патрубок для подачи воздуха; *3* — амбразура; *4* — смесительная камера; *5* — труба для подачи воздуха; *6* — вставка; *7* — кольцевой коллектор; *8* — патрубок для подачи газа; *9* — газораздающие отверстия; *10* — мазутная форсунка; *11* — винт-гайка; *12* — канал; *13* — заслонка; *14* — отверстие для подачи рециркулирующих дымовых газов



интенсивное смешение воздуха и газа. Затем смесь газа и воздуха поступает в амбразуру ГУ. Одновременно в амбразуру 3 ГУ через распылительную часть мазутной форсунки 10 поступает мазут, а через патрубок в трубе 5 подается воздух. За счет осевого перемещения распылительной части форсунки 10 к выходу амбразур ГУ с помощью регулируемого механизма, представляющего собой соединительный винт-гайка 11, расположенного на трубе 5 и форсунке 10, зона горения, т. е. ядро факела также перемещается в топку печи, в которой теплоотвод от факела существенно выше, чем в самой амбразуре, что приводит к снижению выхода оксидов азота на 5...10 %. Для дополнительного снижения на 15...20 % выбросов оксидов азота при совместном сжигании газа и мазута организуют подачу рециркулирующих дымовых газов через канал 12 с заслонкой 13 через отверстие 14 у основания амбразур 3.

Выводы

Таким образом, для решения проблемы снижения загрязнения атмосферы на нефтеперерабатывающих заводах приоритетным направлением становится разработка и внедрение новых малотоксичных комбинированных ГУ с пониженным выбросом вредных веществ в воздушный бассейн с продуктами сгорания. Предлагаемая новая конструкция газомазутного ГУ типа ГП

позволит существенно повысить экологическую эффективность действующих на НПЗ трубчатых печей и может быть успешно применена на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли.

Список литературы

1. **Жидков А. Б.** Трубчатые нагревательные печи нефтепереработки и нефтехимии. — СПб.: Артпроект, 2015. — 104 с.
2. **Шарихин, В. В., Ентус Н. Р.** Трубчатые печи нефтегазопереработки и нефтехимии. — М.: Сенсоры. Модули. Системы, 2000. — 392 с.
3. **Катин В. Д., Березуцкий А. Ю.** Горелки нефтезаводских печей и охрана окружающей среды от химического и шумового загрязнения. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 220 с.
4. **ГОСТ Р 50591—2013** Агрегаты тепловые газопотребляющие. Горелки газовые промышленные. — М.: Стандартинформ, 2014. — 48 с.
5. **Колмогоров А. Н., Катин В. Д.** Проектирование высокоэффективных трубчатых печей для НПЗ. — М.: ЦНИИТЭ-нефтехим, 2005. — 88 с.
6. **Катин В. Д., Киселев И. Г.** Результаты исследований эколого-технического уровня эксплуатации горелок котельно-печного парка Ачинского НПЗ // Нефтепереработка и нефтехимия. — 1999. — № 2. — С. 38—41.
7. **Патент № 139470.** Россия, МКИ F23Д 17/00. Газомазутная горелка / Катин В. Д., Березуцкий А. Ю. Опубл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
8. **Березуцкий А. Ю., Катин В. Д.** Результаты экологических исследований газомазутных горелочных устройств трубчатых печей и разработка новой конструкции горелочного устройства // Безопасность жизнедеятельности. — 2017. — № 6. — С. 29—33.
9. **Патент № 158820.** Россия, МКИ F23Д 17/00. Газомазутная горелка / Березуцкий А. Ю., Катин В. Д. Опубл. 20.01.2016. Бюл. № 2.

V. D. Katin, Professor of Chair, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Professor of the Chair, Pacific State University, Khabarovsk,
A. Yu. Berezutski, Leading Engineer, e-mail: erezutskyAY@yahoo.com,
JSC "NNK-Khabarovsk Refinery", Khabarovsk

New oil-gas Burner Device with Low Emission of Nitrogen Oxides for Refinery Furnaces

Presents analysis of ecological and technical levels of the state Park operating burners device operating on gaseous and liquid fuel, type GEEK, GMC, GP and exploited for domestic refineries. Shown their design and operational faults, as well as modern requirements for use of burners. Developed and proposed a fundamentally new design of the burner device type GP low emissions of toxic nitrogen oxides, protected by a patent for utility model. Recommendations for operation of the proposed new burners devices for joint and separate combustion of gaseous and liquid fuels.

Keywords: oil refinery, tubular furnace, gas-oil burner device, fuel combustion, oxides of nitrogen, a new burner device, the recess of the burner device, recirculating flue gases

References

1. **Zhidkov A. B.** Tubular heating furnace refining and petrochemicals. Saint-Petersburg: Artproekt, 2015. 104 p.
2. **Sharygin, V. V., Antos N. R.** Tube furnaces of oil and gas processing and petrochemistry. Moscow: Sensors. Modules. System, 2000. 392 p.
3. **Katin V. D., Berezutski A. Y.** Neftzavodskaya Burner furnaces and environmental protection from chemical and noise pollution. Vladivostok: Dalnauka, 2016. 220 p.
4. **ГОСТ Р 50591—2013** The gas-consuming thermal units. Industrial gas burners. Moscow: STANDARTINFORM, 2014. 48 p.
5. **Kolmogorov A. N., Katin V. D.** Design of highly efficient kilns for the refinery. Moscow: Tsniiteneftkhim, 2005. 88 p.
6. **Katin V. D., Kiselev I. G.** The Results of studies of ecological and technical level of operation of burners of boiler and furnace Park Achinsk refinery. *Oil Refining and petrochemistry*. 1999. No. 2. P. 38—41.
7. **Patent No. 139470.** Russia, МКИ F23Д 17/00. Oil-gas burner / V. D. Katin, A. Y. Berezutski. Publ. 20.04.2014. Bull. No. 11.
8. **Berezutski A. Yu., Katin V. D.** Results of environmental studies gas-oil burners of kilns and development of new design of the burner. *Life safety*. 2017. No. 6. P. 29—33.
9. **Patent No. 158820.** Russia, МКИ F23Д 17/00. Oil-gas burner / Berezutski A. Yu., Katin V. D. Publ. 20.01.2016. Bull. No. 2.

УДК 614.8:62-93

В. А. Петров, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., исполнительный директор, e-mail: vas3188@yandex.ru, **А. О. Иванов**, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр., Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга, Санкт-Петербург, **М. А. Каширин**, зам. главного конструктора, **В. А. Михеев**, начальник отдела Центральное конструкторское бюро морской техники "Рубин", Санкт-Петербург

Применение воздушных сред с пониженным содержанием кислорода для обеспечения пожарной безопасности герметичных обитаемых объектов

Рассмотрены вопросы повышения пожарной безопасности герметичных обитаемых объектов путем создания в их помещениях нормобарических гипоксических азотно-кислородных сред, безопасных для персонала и обеспечивающих уменьшение вероятности возгорания пожароопасного оборудования и перерастания возгорания в пожар. Обоснованы уровни концентраций кислорода в нормобарической гипоксической воздушной среде, целесообразные с точки зрения пожаробезопасности и безопасности для здоровья и работоспособности персонала на основании результатов экспериментальных исследований горючести материалов горючей нагрузки, характерной для герметичных обитаемых объектов, и экспериментальных медико-биологических исследований воздействия на человека гипоксических нормобарических азотно-кислородных сред при длительной герметизации. По результатам выполненных исследований предлагается в герметичных обитаемых объектах для повышения пожарной безопасности применять нормобарические гипоксические азотно-кислородные среды с поддержанием концентрации кислорода в помещениях постоянного нахождения персонала на уровне 19 % об., в помещениях с вахтовым методом работы при ее продолжительности до 4 ч в сутки — на уровне 16...17 % об. и в эпизодически кратковременно (до 60 мин) посещаемых помещениях — 13...14 % об.

Ключевые слова: герметичный обитаемый объект, персонал, пожарная безопасность, горючие материалы, возгорание, пожар, гипоксическая воздушная среда, кислород, концентрация, работоспособность, безопасность

1. Введение

Одной из основных проблем при эксплуатации герметичных обитаемых объектов (ГОО) — самолетов, космических и подводных аппаратов, пунктов управления и др. — является их высокая пожароопасность, которая обусловлена наличием в этих помещениях мощных источников и потребителей электроэнергии, а также, как правило, большого количества горючих материалов.

Актуальность выполнения работ в области повышения пожарной безопасности ГОО обусловлена следующим:

— несмотря на внедрение новых трудно горючих материалов и оборудования возгорания и пожары на ГОО продолжают и наносят значительный ущерб;

— запретом на территории России производства и использования Хладона 114В2 — огнегасителя,

который широко применялся на промышленных и военных объектах в системах объемного пожаротушения, по ратифицированному РФ международному соглашению "Монреальский протокол к Венской конвенции об охране озонового слоя" от 16 сентября 1987 г.;

— необходимостью повышения безопасности для персонала огнегасителей, применяемых в системах пожаротушения;

— необходимостью обеспечения эффективной нормализации обстановки после пожаротушения без разгерметизации объекта.

2. Задачи и цели исследования

Повышение пожаробезопасности ГОО предполагает совместное решение задач по применению трудногорючих материалов, оптимизации распределения пожарной нагрузки, созданию



и внедрению средств предаварийного предпожарного контроля, внедрению воздушных сред, уменьшающих пожароопасность, и новых систем комплексного объемного пожаротушения, внедрению перспективных режимов и приемов предупреждения и борьбы с пожарами.

В настоящее время для предотвращения пожаров активно используется метод превентивного заполнения помещений гипоксическими воздушными средами (т. е. средами с пониженным содержанием кислорода относительно нормального, соответствующего 20,95 % об. по ГОСТ 8395—80), а для пожаротушения применяются инертные газы, например, азот, аргон и др., которые при подаче в помещение уменьшают процентное содержание кислорода и тем самым обеспечивают прекращение горения, при этом не образуют токсичных продуктов и сами не являются токсичными. Эти газы относительно дешевы и доступны в производстве.

Применение гипоксических воздушных сред в ГОО позволяет существенно снизить вероятность возгорания и пожара и при этом обеспечить безопасность и работоспособность персонала на заданном уровне.

Механизм применения гипоксической воздушной среды основан на снижении вероятности реакции горения при уменьшении объемной концентрации кислорода в воздухе помещения, что приводит к уменьшению удельного тепловыделения, уменьшению количества продуктов пиролиза, их температуры и к затуханию очага горения или невозможности возгорания. Причем интенсивность горения горючего в значительной мере определяется относительным содержанием кислорода в воздухе и свойствами материалов горючей нагрузки, которые определяют возможность самоподдерживающегося горения при заданной концентрации кислорода. Таким образом, пожарная нагрузка, являющаяся одной из основных характеристик пожароопасности помещения и зависящая от параметров горючей нагрузки и ее количества, также существенно зависит от концентрации кислорода в воздухе помещения.

Пример зависимости пожарной нагрузки, характерной для помещений современных ГОО объемом около 600 м³ и площадью около 300 м², насыщенных оборудованием, от концентрации кислорода приведен на рис. 1.

Логичным шагом для предотвращения возгораний и пожаров является снижение концентрации кислорода в герметичном помещении до такого уровня, при котором невозможно зажигание горючей нагрузки и распространение пламени. Для применяемых в ГОО неметаллических горючих материалов и жидкостей, составляющих основу горючей нагрузки, значение концентрации кислорода составляет 12...14 % об. Это обеспечит пожаробезопасность ГОО, но не позволит полноценно работать персоналу в этих условиях.

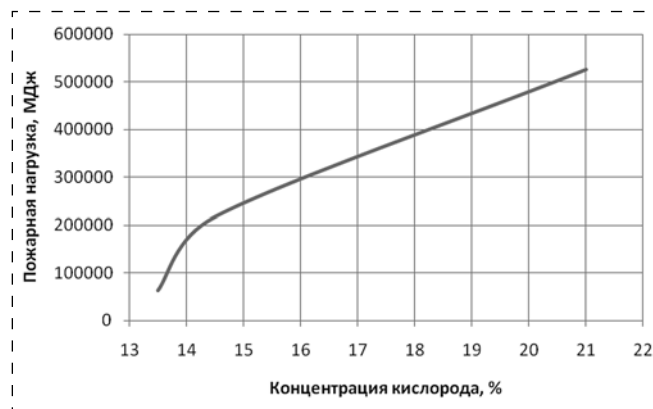


Рис. 1. График зависимости пожарной нагрузки от концентрации кислорода для помещения ГОО

Исследования процессов горения наиболее часто применяемых в ГОО современных материалов горючей нагрузки, выполненные Ассоциацией разработчиков и производителей систем мониторинга [1] и Крыловским государственным научным центром, показали, что при снижении количества кислорода в воздушной среде помещений до 16...17 % об. прекращается самоподдерживающееся горение и развитие очага пожара, т. е. горение происходит в области интенсивного подвода тепловой энергии и не распространяется за ее пределы.

Это является важным фактором для обоснования создания барьера развитию пожара путем организации в ГОО зон с содержанием кислорода в воздушной среде на уровне 16...17 % об., в которых возможно применить вахтовый способ работы персонала суммарной продолжительностью до 4 ч в сутки [2].

На рис. 2—5 показано сравнение процессов развития пожара и изменения параметров воздушных

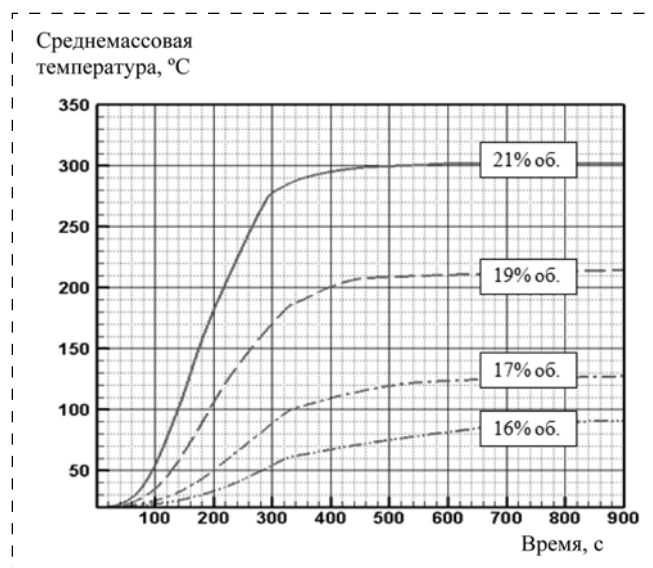


Рис. 2. Изменение температуры от времени пожара при разных значениях начальной концентрации кислорода

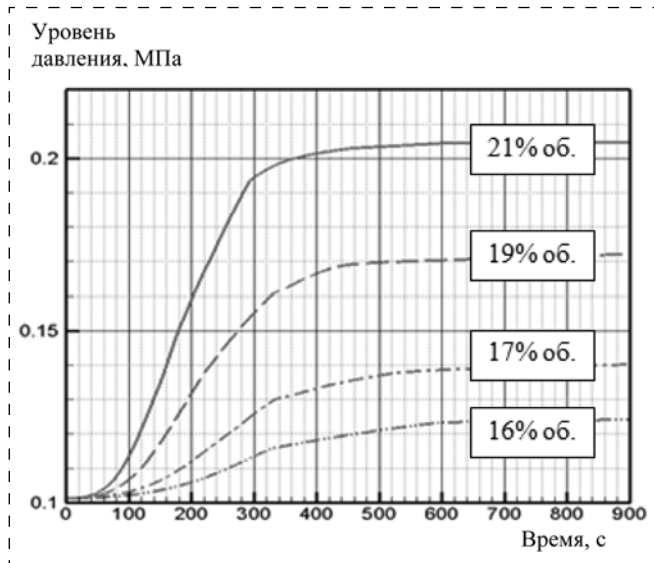


Рис. 3. Изменение уровня давления от времени пожара при разных значениях начальной концентрации кислорода

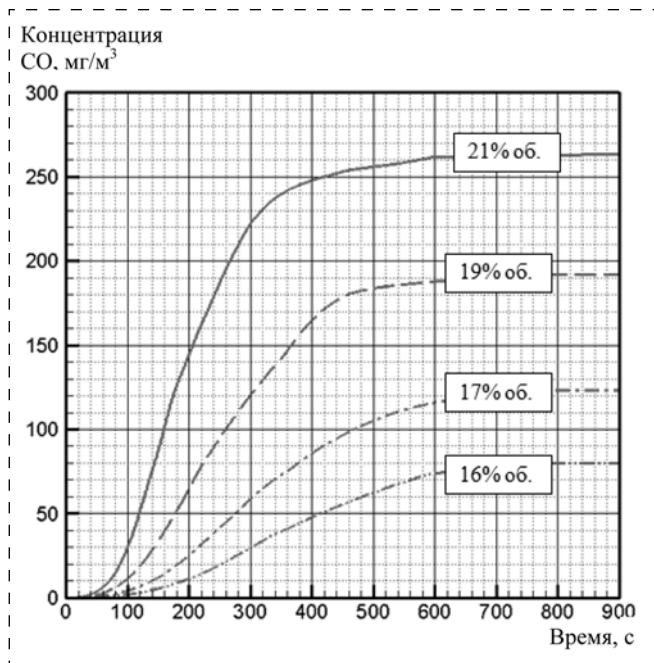


Рис. 4. Изменение уровня концентрации СО от времени пожара при разных значениях начальной концентрации кислорода

сред при возгорании горючей нагрузки в различных гипоксических воздушных средах, полученных расчетным путем с использованием программного комплекса (ПК) "Витим 1" [3].

Еще одним путем обеспечения пожарной безопасности в ГОО является применение установки системы пожаротушения инертными газами, обеспечивающей быструю подачу газа азота в целях снижения концентрации кислорода до значений 13...14 % об., что обеспечит прекращение горения

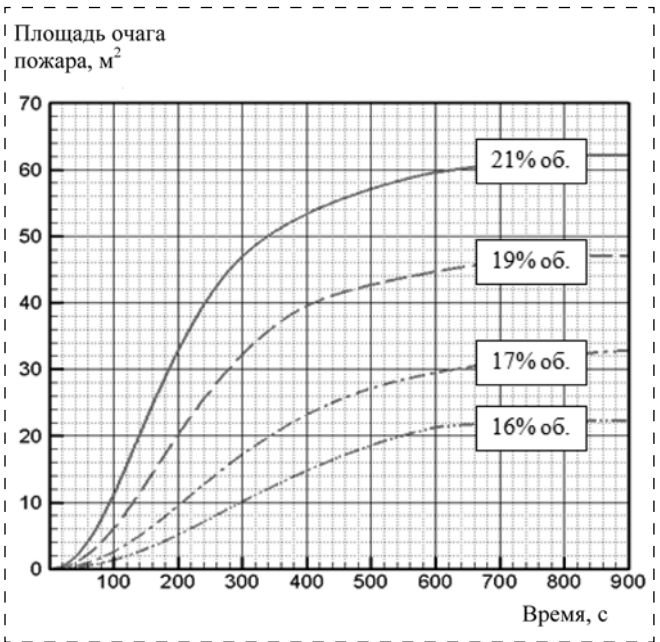


Рис. 5. Изменение площади очага горения от времени пожара при разных значениях начальной концентрации кислорода

даже при интенсивном подводе тепла к очагу горения. Критическими параметрами системы являются время подачи огнегасителя и связанный с подачей огнегасителя рост давления, которые необходимо максимально сократить.

Этого можно достичь, если подача огнегасителя будет осуществляться не случайным образом в интервале допустимых для постоянного обитания значений концентрации кислорода от 19 до 21 % об., а начиная с нижнего допустимого значения концентрации кислорода 19 % об. Для этого достаточно обеспечить более точное поддержание концентрации кислорода в помещениях на уровне 19 % об. с регулированием в диапазоне 18,5...19,5 % об. Это позволит уменьшить требуемую огнетушащую концентрацию, например, азота до 0,380 кг/м³ и ограничить рост давления при подаче азота до 0,139 МПа, что является допустимым практически для всей современной аппаратуры.

3. Заключение

Для повышения пожарной безопасности герметичных обитаемых объектов предлагается применять нормобарические гипоксические азотно-кислородные среды с концентрацией кислорода в помещениях постоянного нахождения персонала на уровне 19 % об., в помещениях с вахтовым методом работы при ее продолжительности до 4 ч в сутки — на уровне 16...17 % об. и в эпизодически кратковременно посещаемых



помещениях — 13...14 % об., а также системы пожаротушения на основе инертных газов.

Допустимость безопасного пребывания в таких условиях в течение длительного периода (до 100 суток и более) доказана в работах, выполненных Ассоциацией разработчиков и производителей систем мониторинга с участием добровольцев-испытателей [2, 4].

Список литературы

1. **Экспериментальное исследование** горения корабельных материалов в гипоксических аргоносодержащих и азотосодержащих ГВС // Материалы межотраслевой научно-практической конференции "ВОКОР—2014". — СПб., 2014. — Т. 1. — Ч. 2. — С. 142—147.

2. **Метод** повышения пожаробезопасности ПЛ // Материалы Межотраслевой научно-практической конференции "ВОКОР—2014". — СПб., 2014. — Т. 1. — Ч. 2. — С. 224—227.
3. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2014613434. Программа расчета процессов тепломассопереноса в газовой среде в помещениях при развитии пожара, "Витим 1" / М. Х. Стрелец, М. Л. Шур, Д. А. Никулин, К. В. Беляев; заявитель и правообладатель ООО "НТС" и АО "АСМ". — № 2014610918; заявл. 11.02.2014; опублик. 26.03.2014.
4. **Изменение** функциональных возможностей организма человека при 10-часовом непрерывном пребывании в условиях нормобарической гипоксии / В. Ф. Беляев, А. О. Иванов, В. А. Петров и др. // Материалы Межотраслевой научно-практической конференции "Кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы" "ВОКОР—2014". СПб., 2014. — Т. 1. — Ч. 2. — С. 123—125.

V. A. Petrov, Senior Researcher, e-mail: vas3188@yandex.ru,

A. O. Ivanov, Professor, Leading Researcher, Association of developers and producers of systems of monitoring, Saint-Petersburg, M. A. Kashirin, Deputy Chief Designer, V. A. Miheev, Head of Department, Central Design Bureau for Marine Engineering "Rubin", Saint-Petersburg

Use of Air with Reduced Oxygen Content to Ensure Fire Safety of Hermetic Habitable Objects

The work includes the problems of the evaluation of the fire safety of the sealed volumes by creating hypoxic normobaric nitrogen-oxygen mediums that are safe for personnel and that provide the reducing of the fire hazard equipment's inflaming and the escalation of the inflaming into the fire. Justified levels of the oxygen concentrations in the normobaric hypoxic air medium that are expediently for the fire safety, for the health safety and for the working capacity of personnel. This information was justified on the grounds of the results of experimental researches of combustible materials combustibility distinctive for sealed volume and experimental medico-biologic researches of the impact to the human of normobaric hypoxic nitrogen-oxygen mediums at the long-term sealing.

Based on the results of the performed studies, propose to employ normobaric hypoxic nitrogen-oxygen mediums with keeping oxygen concentration about 19 % in the compartments of permanent personnel location; about 16...17 % in the compartments with the shift method of the work (not more than 4 hours a day); 13...14 % in the sporadically short-term visiting compartments (not more than 60 minutes).

Keywords: sealed volume, personnel, fire safety, combustible materials, inflaming, fire, hypoxic air medium, oxygen, concentration, working capacity, safety

References

1. **Экспериментальное исследование** горения корабельных материалов в гипоксических аргоносодержащих и азотосодержащих ГВС. Материалы межотраслевой научно-практической конференции "ВОКОР—2014". Saint-Petersburg, 2014. Vol. 1. P. 2. P. 142—147.
2. **Метод** повышения пожарной безопасности ПЛ. Материалы Межотраслевой научно-практической конференции "ВОКОР—2014". Saint-Petersburg, 2014. Vol. 1. P. 2. P. 224—227.
3. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2014613434. Программа расчета процессов

тепломассопереноса в газовой среде в помещениях при развитии пожара, "Витим 1" / М. Х. Стрелец, М. Л. Шур, Д. А. Никулин, К. В. Беляев; заявитель и правообладатель ООО "НТС" и АО "АСМ". № 2014610918; заявл. 11.02.2014; опублик. 26.03.2014.

4. **Изменение** функциональных возможностей организма человека при 10-часовом непрерывном пребывании в условиях нормобарической гипоксии / В. Ф. Беляев, А. О. Иванов, В. А. Петров и др. Материалы Межотраслевой научно-практической конференции "Кораблестроение в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы" "ВОКОР—2014". Saint-Petersburg, 2014. Vol. 1. P. 2. P. 123—125.

УДК 332.142.4

С. С. Полоник¹, д-р экон. наук, проф., зам. декана, Э. В. Хоробрых², канд. экон. наук, доц., вед. науч. сотр., А. А. Литвинчук, асп.¹, науч. сотр.²,
e-mail: litva-1986@yandex.ru

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

² Институт экономики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Оценка влияния экологического фактора на конкурентоспособность регионов Республики Беларусь в целях обеспечения безопасности

Рассмотрен методический подход к оценке конкурентоспособности регионов Республики Беларусь в разрезе экономической, экологической и социальной составляющих с учетом влияния экологического фактора. Проанализирована экологическая ситуация в Республике Беларусь с учетом внешних, внутренних угроз и влияющих факторов. Приведены результаты оценки конкурентоспособности регионов Республики Беларусь в разрезе трех составляющих с учетом влияния экологического фактора. Определены приоритетные направления экономического, экологического и социального развития регионов Республики Беларусь и перечень первоочередных задач для эффективного роста экономики регионов и сохранения положительной динамики уровня жизни населения.

Ключевые слова: экологический фактор, окружающая среда, конкурентоспособность, угрозы, безопасность, методы, экономическая, экологическая и социальная составляющие, показатели, направления

Введение

В первом десятилетии XXI века наблюдается дальнейшее обострение влияния экологического фактора на характер экономического развития различных государств, в том числе и Республики Беларусь. Во многих отраслях народного хозяйства экологический фактор является определяющим в производствах, где задействованы природные ресурсы. Следует отметить, что в настоящее время преимущественное распространение имеет техногенный, природоёмкий тип развития, при котором для производства потребляется определенный объем ресурсов, превышающий возможности их восстановления и воспроизводства, т. е. носящих природоразрушающий характер.

Поэтому проблема рационального и разумного использования природных ресурсов, их оценка, охрана окружающей среды, изменение взглядов в направлении учета и оценки экологического фактора в целях обеспечения безопасности обуславливает актуальность и своевременность выбранной темы исследований и составляет предмет данного исследования.

Экологический фактор

Под экологическим фактором, исходя из многочисленных трактовок этого понятия, подразумевается следующее: определенные условия и элементы сферы обитания, оказывающие какое-либо воздействие на живой организм, отличающиеся значительной изменчивостью как во времени, так и пространстве и классифицирующиеся по характеру воздействия, происхождению, расходованию, направленности. Влияние экологического фактора проявляется во всех процессах жизнедеятельности организма, обеспечивая возможность его существования, выживания и размножения.

Поэтому развитие общества требует необходимости рационального, разумного использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, изменения взглядов в направлении учета экологического фактора и принципиально иного подхода к решению возникающих в связи с этим проблем: выработке новой модели развития как перспективного направления государственной экологической политики — "зеленой" экономики, предусматривающей обеспечение устойчивого и сбалансированного социально-экономического



развития, роста конкурентоспособности национальной экономики страны при условии сохранения природного потенциала, снижения экологического риска для окружающей среды и способствующей улучшению качества жизни и среды обитания.

Основными признаками новой модели являются: новые инициативы международного сообщества и государств во время кризиса; масштабное принятие новых и кардинальный пересмотр имеющихся государственных и региональных природоохранных стратегий и законов; существенное обновление принимаемых мер по повышению конкурентоспособности национальных экономик государств как важного фактора устойчивого развития в целях обеспечения безопасности; выход международного сотрудничества на новый уровень; активизация природоохранной деятельности; ускоренное развитие экологического рынка; значительное расширение инвестиционной и инновационной деятельности в природоохранной сфере; существенное увеличение помощи развивающимся странам и другие важные аспекты.

Необходимость повышения уровня конкурентоспособности национальной экономики стран поддерживается практически всеми исследователями проблем экономического роста и развития и является центральной задачей государств, в том числе и Республики Беларусь, в решении которой велика роль регионов. В связи с этим усиливается внимание не только к межстрановым аспектам конкуренции, конкурентоспособности, но и к конкуренции регионов (областей) внутри страны.

Конкурентоспособность региона и ее составляющие

В современном мире экономическая наука не дает единой общепринятой трактовки содержания категории "конкурентоспособность" и единого общепринятого подхода к методам ее оценки и формирования. В общем случае под конкурентоспособностью принято понимать способность конкурировать на рынках товаров и услуг.

Исходя из многочисленных трактовок, предлагается следующее понятие "конкурентоспособности региона": *это экономико-эколого-социальная категория, характеризующая экономику региона в условиях развития рыночных отношений и международной конкуренции и отражающая способность эффективно использовать ресурсы, обеспечивать высокий уровень жизни и защиту окружающей природной среды.*

Формирование конкурентоспособности региона обусловлено действием ряда факторов, оказывающих как позитивное, так и негативное

влияние на этот процесс. Но при этом следует учесть, что в настоящее время с учетом постиндустриальных тенденций социально-экономического развития общества классические факторы (земля, капитал, природные ресурсы и рабочая сила) перестают играть исключительную роль в формировании конкурентоспособности регионов и во все большей степени привлекательность территории региона определяется в настоящее время уровнем развития экономической инфраструктуры, квалификацией людей, информационными и управленческими технологиями.

Новые представления об источниках и факторах конкурентоспособности позволяют по-новому посмотреть на образование, науку, медицину, телекоммуникации как на те сферы общественной жизни, которые оказывают решающее влияние на темпы и направления экономического развития, на формирование конкурентоспособности регионов. Представление о конкурентоспособности региона включает такие характеристики, как способность к повышению уровня жизни населения региона и способность к созданию полноценной среды жизнедеятельности. Это согласуется с идеологией устойчивого развития, которая предполагает оптимальное сочетание интересов населения, бизнеса и благополучного состояния окружающей среды. Суть этого подхода в триединстве: экономические, экологические и социальные проблемы, которые взаимосвязаны и поэтому неразрывны.

Конкурентоспособность региона как экономико-эколого-социальная категория создает все условия для устойчивого развития и включает следующие составляющие [1]: экономическую, экологическую, социальную.

Экономическая составляющая конкурентоспособности региона занимает центральное место в выборе направлений экономического развития региона и должна быть конкурентоспособной и одновременно социально-ориентированной, ресурсо- и энергоэффективной, экологозащитной. Наличие достаточного экономического потенциала является необходимым условием устойчивого развития территориальных образований различного уровня. Трансформируя идеи устойчивого развития на региональном уровне, основные требования к экономической составляющей конкурентоспособности можно выразить критериями оптимальности, эффективности и устойчивости.

Экологическая составляющая конкурентоспособности региона — это фундаментальная составляющая устойчивого развития в триаде "человек — окружающая среда — экономика". Она включает три аспекта: окружающую среду, природно-ресурсный потенциал; процесс взаимодействия человека и окружающей среды;

экологическую политику, реализующую экологический императив в интересах всех сторон жизнедеятельности общества.

Социальная составляющая конкурентоспособности региона занимает важное место в создании условий экономического роста, основой которого является человек, обладающий квалификационными и трудовыми возможностями, социальной активностью и мобильностью, способностью легально адаптироваться к сложившимся условиям и эффективно реализовывать возможности своей деятельности. Это взаимообусловленный процесс экономического роста и повышения благосостояния народа, базирующийся на участии всех граждан в развитии и справедливом распределении результатов экономического роста, преодолении отчуждения, эксплуатации, неравенства и несправедливости в экономике и обществе. Социальный аспект основывается на принципах единства и взаимосвязи социальной сферы, экономики и окружающей среды.

Экологическая ситуация в Республике Беларусь

Республика Беларусь по мировым стандартам является небольшой европейской страной, расположенной в центре Европы и занимающей в мире по территории 0,15 %, по численности населения 0,17 %, но имеющей достаточно большой внешнеторговый потенциал. Это экспортоориентированное государство с развитой промышленностью, сектором услуг и сельским хозяйством. Республика Беларусь выпускает 17 % всех комбайнов в мире, 6 % тракторов, 6,4 % льноволокна и 2,8 % картофеля, а доля производителя карьерных самосвалов БелАЗ на мировом рынке достигает 30 %. При производстве 1,4 % мировых объемов молока экспорт молочных продуктов Беларуси составляет около 5 %, а сливочного масла — около 11 %. Среди стран СНГ Республика Беларусь удерживает высокий рейтинг в области химии и нефтехимии, сельскохозяйственном и автомобильном машиностроении, агропромышленном комплексе, легкой промышленности, по отдельным направлениям развития информационных технологий (ИТ). По экспорту ИТ-услуг на душу населения Беларусь опережает все страны СНГ. Имеются значительные наработки в сфере высоких технологий, в частности, в производстве оптических и лазерных приборов, автоматизированных систем управления. Республика Беларусь придерживается модели социально ориентированной рыночной экономики, которая доказала свою состоятельность и эффективность [2].

Особенности экономики Республики Беларусь, ее географическое положение и исторические

связи определили высокую степень открытости экономики страны, ее ориентированность на внешние рынки. Республика Беларусь поддерживает торговые отношения с 206 государствами мира.

В течение последних 20 лет в Республике Беларусь антропогенная деятельность не привела к усилению негативного воздействия на целостность экосистем, которые обеспечивают жизненно важные функции в интересах экономического роста и благосостояния человека. Реализация экологических стратегий, программ и планов действий, базирующихся на принципах устойчивого развития, обеспечила улучшение экологической ситуации в республике, в том числе в большинстве крупных промышленных центров, способствовала повышению эффективности использования возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов. Высшим приоритетом государственной экологической политики Республики Беларусь, в настоящее время является сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений.

Несмотря на сложившуюся положительную ситуацию в экологической сфере Республики Беларусь, необходимо учитывать ряд факторов, создающих угрозу безопасности: стихийные бедствия (наводнения, засухи, ураганы, смерчи, землетрясения, магнитные бури и др.), а также чрезвычайные ситуации техногенного характера (аварии, катастрофы, взрывы и т. п.); наличие АЭС, захоронение ядерных отходов на сопредельных с Республикой Беларусь территориях; радиоактивное загрязнение среды обитания вследствие аварии на Чернобыльской АЭС; функционирование на территории республики объектов повышенного риска (предприятия химической промышленности, нефтепроводы, газопроводы, продуктопроводы, захоронения высокотоксичных и радиоактивных отходов и др.) и их размещение вблизи жилых зон и систем жизнеобеспечения; выбросы, сбросы и отходы промышленного производства; низкая технологическая надежность систем управления и обеспечения безопасности в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве и на транспорте; недостаток современных технологий промышленного и сельскохозяйственного производства, износ технологического оборудования потенциально опасных объектов; низкий уровень экологической культуры [3].

Рассмотрим внешние и внутренние угрозы.

К *внешним угрозам* относят: глобальные изменения окружающей природной среды, связанные с изменением климата, разрушением озонового



слоя, сокращением биоразнообразия; трансграничный перенос загрязняющих веществ на территорию Республики Беларусь воздушными и водными потоками, проникновение инвазивных видов животных и растений из сопредельных стран; размещение вблизи границ Республики Беларусь крупных экологически опасных объектов, захоронение ядерных отходов на сопредельных территориях [4].

Внутренние угрозы в экологической сфере вызваны совокупностью экономических, технологических, территориально-планировочных и иных причин, основными из которых являются: высокая концентрация на территории Республики Беларусь экологически опасных объектов, их размещение вблизи жилых зон и систем жизнеобеспечения; опасность возникновения техногенных аварий, риск-ситуаций в связи с недостаточной инвестиционной активностью и высокой степенью износа основных фондов; незавершенность в производственном комплексе технологических циклов по полной переработке сырья, что приводит к образованию больших объемов отходов; применение неадаптированных к местным природным условиям технологий обработки земель, вызывающее деградацию почв и природных комплексов; нарушение экологического равновесия и водного баланса территорий вследствие осушения болот и изменения местного климата; недостаточное развитие правовых и экономических механизмов обеспечения экологической безопасности, систем учета природных ресурсов и качества окружающей среды.

Оценка влияния экологического фактора на конкурентоспособность регионов Республики Беларусь

В настоящее время в современной отечественной науке с учетом зарубежного опыта применяется большое число методов и методологий для оценки конкурентоспособности региона.

Несмотря на глубину и значимость множества подходов к оценке конкурентоспособности государства и отдельных его регионов, многие вопросы ее оценки остаются нерешенными. Поэтому в связи с недостаточной проработанностью, комплексностью и многогранностью рассматриваемой проблемы оценки был поставлен вопрос о разработке методических рекомендаций по оценке конкурентоспособности регионов Республики Беларусь с учетом влияния экологического фактора.

В институте экономики Национальной академии наук Беларуси разработан *Методический подход к оценке конкурентоспособности регионов*

Республики Беларусь в разрезе экономической, экологической и социальной составляющих [5], включающий два основных направления. Первое — построение системы показателей (индикаторов): экономических, экологических, социальных и второе направление — расчет групповых индексов экономической, экологической и социальной составляющих с последующим определением интегрального индекса, позволяющего судить о степени устойчивости социально-экономического развития регионов.

На основе комплексного исследования теоретических аспектов и методологических подходов к оценке конкурентоспособности регионов и изучения совокупности влияющих факторов, разработан алгоритм оценки конкурентоспособности региона с учетом экономической, экологической и социальной составляющих.

На *первом* этапе был обоснован состав показателей, исходя из внутренних факторов, характеризующих экономическое, экологическое и социальное развитие регионов Республики Беларусь (табл. 1).

На *втором* этапе оценивается уровень развития региона по каждому показателю в разрезе составляющих, учета их значимости, степени различий в их уровне по регионам. Для расчета единого интегрального индикатора и влияющих факторов применялся *индексный метод*, который, как показали исследования, является инструментом выработки социально-экономической политики, поскольку позволяет проранжировать регионы, исходя из их конкурентных характеристик и выявить существенные различия между регионами, основываясь на складывающейся экономической ситуации.

На *третьем* этапе проводились математические преобразования рейтинговым методом и методом динамических рядов, основанных на использовании типовых характеристик показателей (по темпам роста), характеризующих экономическую, экологическую и социальную составляющие конкурентоспособности регионов, т. е. относительные значения индексов по составляющим преобразовывались в итоговый интегральный индекс для оценки уровня конкурентоспособности анализируемого региона.

Итоговый интегральный индекс для рейтинговой оценки конкурентоспособности регионов Республики Беларусь по трем составляющим представлен в табл. 2, который свидетельствует, что по уровню конкурентоспособности социально-экономического развития в целом по стране на первом месте — социальная составляющая, на втором — экономическая и третьем — экологическая.

Исходные показатели (%) для расчета агрегированных индексов конкурентоспособности экономического, экологического и социального развития регионов Республики Беларусь

Показатели экономического развития	
1	Валовой региональный продукт на душу населения
2	Производительность труда
3	Инвестиции в основной капитал
4	Объем промышленного производства
5	Продукция сельского хозяйства
6	Розничный товарооборот
7	Экспорт товаров
8	Экспорт услуг
9	Отгруженная инновационная продукция (работ, услуг)
Показатели экологического развития	
1	Текущие затраты на охрану окружающей среды
2	Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
3	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников
4	Отведение сточных вод
5	Улавливание и обезвреживание загрязняющих атмосферный воздух веществ, отходящих от стационарных источников
6	Образование отходов производства в организациях
7	Лесовосстановление и лесоразведение
Показатели социального развития	
1	Реальные денежные доходы населения
2	Численность экономически активного населения
3	Объем платных услуг населению
4	Численность безработных
5	Обеспеченность населения жильем
6	Заболеваемость населения по основным группам болезней на 100 000 человек
7	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении

На основе разработанной и примененной шкалы оценки (от 0 до 100 баллов) уровня конкурентоспособности регионов для определения рейтингового балла выявления значений уровня конкурентоспособности всех составляющих (высокий, средний, низкий) были получены следующие результаты: в целом по республике рейтинг регионов по интегральному

индексу находился в основном на среднем уровне (за исключением Гродненской и Могилевской областей, уровень которых выше среднего). На первом месте по рейтинговой оценке составляющих находится социальная (высокий уровень), на втором — экономическая (средний уровень) и на третьем — экологическая (удовлетворительный уровень).

Таблица 2

Оценка конкурентоспособности регионов Республики Беларусь по экономической, экологической и социальной составляющим за период 2010—2014 гг.

Регионы	Конкурентоспособность			Интегральный индекс конкурентоспособности региона
	Экономическая составляющая	Экологическая составляющая	Социальная составляющая	
Брестская	85,7	81,3	94,6	87,2
Витебская	93,7	81,9	94,4	89,9
Гомельская	88,6	82,7	93,8	88,3
Гродненская	91,2	86,0	95,2	90,7
Минская	89	76,4	95,1	86,8
Могилевская	86,2	98,6	94,2	93,0
Минск	86,1	79,1	97,6	87,6
Беларусь	88,8	83,9	95,0	89,2

Вклад каждого региона в развитие страны определялся масштабами и особенностями его природно-ресурсного потенциала, экономико-географическим положением, условиями развития, конкурентными преимуществами регионов с выявлением слабых и сильных сторон, региональной политикой и другими факторами. Несмотря на особенности развития каждого региона, как показал анализ, сохранилась положительная тенденция анализируемых показателей в разрезе составляющих конкурентоспособности, что свидетельствует о правильности проведения социально-экономической политики государства, направленной на повышение уровня и качества жизни населения и создания благоприятных макроэкономических ситуаций в стране.

Применяя на практике вышеизложенный подход к оценке конкурентоспособности регионов, можно получить относительную оценку конкурентоспособности как региона, области, города, так и в разрезе составляющих (экономической, экологической и социальной), отразив место исследуемого региона в совокупности регионов. При соответствующих расчетах по фактическим статистическим данным интегральный показатель конкурентоспособности позволит:

- провести сравнительную оценку конкурентоспособности различных территорий;
- измерить фактическую величину экономической, экологической и социальной составляющих конкурентоспособности регионов;
- выявить факторы, негативно влияющие на конкурентоспособность регионов и страны в целом;
- более обоснованно оценить перспективы экономико-эколого-социального развития регионов;
- определить эффективность использования собственных ресурсов территории;
- обосновать направления экономико-эколого-социальной деятельности, в наибольшей степени соответствующей целям развития регионов;
- объективно оценить эффективность работы органов государственной власти регионов и местного самоуправления.

Перечень экономико-эколого-социальных индикаторов, используемых при расчете интегрального индекса конкурентоспособности регионов, будет способствовать с достаточной степенью достоверности определению степени устойчивости развития территории.

Для эффективного роста экономики регионов и сохранения положительной динамики уровня жизни населения необходимо решение следующих первоочередных задач:

- совершенствование структуры и улучшение конкурентоспособности экономики регионов

на основе приоритетного развития и создания новых ресурсосберегающих, наукоемких, высокотехнологичных, экспортоориентированных и импортозамещающих производств с высокой добавленной стоимостью и прогрессивных видов услуг;

- комплексная модернизация традиционных производств, включающая техническое и технологическое обновление производственной базы, внедрение новых технологий в управление, маркетинг, логистику;
- приоритетное развитие производств и видов деятельности, непосредственно связанных с переработкой местных минерально-сырьевых ресурсов, сельскохозяйственной продукции;
- развитие предпринимательства, создание региональной инновационной инфраструктуры;
- создание новых промышленных производств в небольших городских поселениях и сельской местности;
- формирование промышленных зон, региональных научно-технических маркетинговых центров.

Исходя из вышеизложенных первоочередных задач развития региональной экономики, следует согласно проведенным исследованиям по оценке конкурентоспособности регионов республики выделить приоритетные направления экономического, экологического и социального развития Республики Беларусь.

Приоритетные направления экономического развития регионов:

- расширение выпуска конкурентоспособной высокотехнологичной продукции на основе внедрения современных ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий;
- создание привлекательного инвестиционного климата и благоприятных условий для предпринимательской деятельности, развития рыночной инфраструктуры и расширения внутреннего потребительского рынка;
- разработка программ и механизмов модернизации производства и реструктуризации предприятий с учетом принципов "зеленой" экономики;
- совершенствование инвестиционно-структурной, фискальной, монетарной политики;
- активизация внешнеэкономической политики и международного сотрудничества.

Приоритетные направления экологического развития регионов:

- экологическая ориентация развития общества, предусматривающая взаимосвязь экологической, экономической и социальной составляющих устойчивого развития республики;

- расширение сети особо охраняемых природных территорий международного значения в приграничных регионах;
- модернизация производства, развитие новых методов и "зеленых" технологий, воспроизводство природных ресурсов, увеличение доли использования вторичных ресурсов и утилизации отходов;
- развитие системы экологического образования и просвещения всех слоев общества, подготовка экологически грамотных кадров;
- усиление экологической функции государства.

Приоритетные направления социального развития регионов:

- обеспечение рациональной занятости населения на основе сохранения рабочих мест на действующих жизненно важных и перспективных предприятиях, создание новых рабочих мест с учетом "зеленой" экономики, в том числе в частном секторе экономики, организация систем подготовки и переподготовки кадров;
- формирование среднего класса как фактора стабилизации общества на основе значительного роста денежных доходов населения и снижения уровня малообеспеченности;
- повышение уровня пенсионного обеспечения;
- повышение социальной защиты нуждающихся на основе усиления адресности оказания помощи, рационализации системы льгот, улучшения социального обслуживания.

Выводы

Предложен "Методический подход к оценке конкурентоспособности регионов Республики Беларусь в разрезе экономической, экологической и социальной составляющих" по системе показателей, характеризующих уровень экономического, экологического и социального развития, имеющих в государственной статистической отчетности и включенных в рейтинговую оценку. Они позволяют оперативно оценить динамику развития регионов, своевременно выявить "узкие" места в условиях современной рыночной экономики и применить корректирующие управленческие решения.

Апробация предложенной системы показателей — составляющих конкурентоспособности — показала ее информативность, сопоставимость данных, возможность прогнозирования дальнейших тенденций и разработки стратегии развития регионов.

Предложенный методический подход применим для оценки уровня конкурентоспособности стран, регионов, областей, городов только в том случае, если в качестве максимальных показателей учитываются наилучшие значения каждого индикатора в регионе. В этом случае разрыв минимального и максимального уровней показателей конкурентоспособности регионов не так высок, как при оценке в целом по стране.

Применяя на практике вышеизложенный подход к оценке конкурентоспособности регионов, можно получить относительную оценку конкурентоспособности как региона, области, города, так и по составляющим (экономической, экологической и социальной), отразив место исследуемого региона в совокупности регионов. При соответствующих расчетах по фактическим данным интегральный показатель конкурентоспособности позволит: провести сравнительную оценку конкурентоспособности различных территорий; измерить фактическую величину экономической, экологической и социальной составляющих конкурентоспособности регионов; выявить факторы, негативно влияющие на конкурентоспособность регионов и страны в целом; более обоснованно оценить перспективы экономико-эколого-социального развития регионов; определить эффективность использования собственных ресурсов территории; обосновать направления экономико-эколого-социальной деятельности, наиболее соответствующей целям развития регионов; объективно оценить эффективность работы органов государственной власти регионов и местного самоуправления.

Отдельные положения предложенного методического подхода к оценке экологической составляющей конкурентоспособности регионов Республики Беларусь уже были использованы в практической деятельности Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь при разработке Национального плана действий по развитию "зеленой" экономики в Республике Беларусь до 2020 года (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 декабря 2016 г. № 1061) (выдана справка о внедрении).

Список литературы

1. **Национальная стратегия** устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь; редколлегия: Я. М. Александрович и др. — Минск: Юнипак, 2004. — 200 с.
2. **Официальный интернет-портал** Президента Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — 2015. URL: http://president.gov.by/ru/economy_ru/ (дата обращения 13.01.2017).



3. **Об утверждении** Концепции национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Республики Беларусь № 575 от 9 ноября 2010 г. // Эталон-Беларусь / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. — Минск, 2010.
4. **Полоник С. С., Хоробрых Э. В., Литвинчук А. А.** Влияние внутренних и внешних вызовов с учетом возникновения риск-ситуаций на экологическую составляющую конкурентоспособности региона // Новая экономика. — 2015. — № 2 (66). — С. 222—227.
5. **Полоник С. С., Хоробрых Э. В., Литвинчук А. А.** Методический подход к оценке конкурентоспособности регионов Республики Беларусь с учетом экономической, экологической и социальной составляющих // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: Сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск 14—17 сентября 2016 г.: в 2 т. / Национальная Академия наук Беларуси и др./; редколлегия: В. Г. Гусаков (гл. ред.) и др. — Минск, 2016. — Т. 1. — С. 618.

S. S. Polonik¹, Deputy Dean, **E. V. Khorobrykh**², Leading Researcher,
A. A. Lytvynchuk^{1,2}, Post-graduate¹, Research Associate², e-mail: litva-1986@yandex.ru

¹ Belarusian State University, Minsk

² Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

Assessment of the Impact of the Environmental Factor on the Competitiveness of the Regions of the Republic of Belarus in Order to Ensure Security

The article considers a methodical approach to assessing the competitiveness of the regions of the Republic of Belarus in the context of economic, environmental and social components, taking into account the influence of the environmental factor; the ecological situation in the Republic of Belarus is analyzed taking into account external, internal threats and influencing factors. The results of the assessment of the competitiveness of the regions of the Republic of Belarus in the context of three components are given, taking into account the influence of the environmental factor; the priority directions of economic, ecological and social development of the regions of the Republic of Belarus are defined and a list of priority tasks for effective growth of the economy of the regions and the preservation of the positive dynamics of the living standards of the population.

Keywords: ecological factor, environment, competitiveness, threats, safety, methods, economic, ecological and social components, indicators, directions

References

1. **Nacional'naja strategija** ustojchivogo social'no-jekonomicheskogo razvitija Respubliki Belarus' na period do 2020 g. Nacional'naja komissija po ustojchivomu razvitiju Respubliki Belarus'; redkollegija: Ja.M. Aleksandrovich i dr. Minsk: Junipak, 2004. 200 p.
2. **Oficial'nyj internet-portal** Prezidenta Respubliki Belarus' [Elektronnyj resurs]. 2015. URL: http://president.gov.by/ru/economy_ru/ (date of access 13.01.2017).
3. **Ob utverzhdenii** Konceptii nacional'noj bezopasnosti Respubliki Belarus': Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus', No. 575 ot 9 nojabrja 2010 g. Jetalon-Belarus' / Nacional'nyj Centre pravovoj informazii Resubliki Belarus'. Minsk, 2010.
4. **Polonik S. S., Horobryh Je. V., Litvinchuk A. A.** Vlijanie vnutrennih i vnesnih vyzovov s uchetoм vozniknovenija risk-situacij na jekologicheskiju sostavljajushuju konkurentosposobnosti regiona. *Novaja jekonomika*. 2015. No. 2 (66). P. 222—227.
5. **Polonik S. S., Horobryh Je. V., Litvinchuk A. A.** Metodicheskij podhod k ocenke konkurentosposobnosti regionov Respubliki Belarus' s uchetoм jekonomicheskoi, jekologicheskoj i social'noj sostavljajushhiih. *Problemy racional'nogo ispol'zovanija prirodnyh resursov i ustojchivoje razvitie Poles'ja: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferenzii*. Minsk 14—17 sentjabrja 2016 g. v 2 t. / Nacional'naja Akademija. nauk Belarusi [i dr.]; redkollegija: V. G. Gusakov (glavnyj redactor) [i dr.]. Minsk, 2016. Vol. 1. P. 618.

УДК 378.14

Е. М. Мессинева, канд. биол. наук, доц., **А. Г. Фетисов**, канд. техн. наук, доц.,
e-mail: alefetisov@yandex.ru, Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет) (МАИ)

Проблемы перехода на ФГОС 3++ с учетом требований профессиональных стандартов для укрупненной группы направлений "Техносферная безопасность"

Описаны основные изменения, вносимые в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования, в связи с разработкой профессиональных стандартов. Для этого был проведен анализ необходимых для этого нормативно-правовых актов.

Рассмотрены проблемы, возникающие при актуализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования в связи с введением профессиональных стандартов. Проанализированы требования к профессиональному уровню выпускников направления "Техносферная безопасность" в соответствии с существующими на данный момент профессиональными стандартами.

Ключевые слова: федеральные государственные образовательные стандарты, универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, профессиональные стандарты, примерная основная образовательная программа

Актуальность проблемы

В связи с вступлением в силу с 1 сентября 2013 г. Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" (далее — Федеральный закон) формально исчезло понятие "высшее профессиональное образование" [1]. В соответствии с п. 3 части 5 ст. 108 Федерального закона до 1 июля 2016 г. образовательные учреждения высшего профессионального образования должны были исключить слово "профессионального" из своих наименований.

Однако из этого не следует, что высшее образование перестало быть профессиональным, так как согласно статьям 68 и 69 Федерального закона профессиональное образование включает в себя среднее профессиональное образование и высшее образование. Таким образом, вероятно, законодатель исходил из того, что высшее образование априори является профессиональным.

В мае 2015 г. был подготовлен Федеральный закон № 122-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и ст. 11 и 73 федерального закона "Об образовании в Российской Федерации", в котором указано следующее (часть 7, ст. 11 Федерального закона): Формирование требований федеральных государственных образовательных стандартов профессионального

образования к результатам освоения основных образовательных программ профессионального образования в части профессиональной компетенции осуществляется на основе соответствующих профессиональных стандартов (при наличии) [2].

В соответствии с этим все ФГОС (федеральные государственные образовательные стандарты профессионального образования), утвержденные до 1 июля 2016 г., должны быть приведены в соответствие с вышеуказанными требованиями.

Актуализация ФГОС в соответствии с требованиями Федерального закона

Для выполнения этих требований необходимо проделать следующие виды работ: актуализацию ФГОС 3+; подготовку образцов основных образовательных программ (ООП).

Вступающие в силу ФГОС 3+ отменяют действие предшествующих стандартов ФГОС 3. Особенности внедрения ФГОС 3 и ФГОС 3+ и возникшие в связи с этим проблемы по направлению "Техносферная безопасность" были описаны в работах [3—5].

Работа над актуализацией ФГОС осложняется также недостаточной проработкой понятия "профессиональные компетенции", которыми должны



обладать образованные специалисты с точки зрения работодателей.

Обновленные стандарты тоже будут по-прежнему являться стандартами третьего поколения (ФГОС 3, 3+, 3++), так как переход на стандарты четвертого поколения (ФГОС 4 для укрупненных групп направлений подготовки и специальностей) пока не представляется возможным в связи с рисками, выявленными сотрудниками Министерства образования и науки РФ:

— возможные изменения в процедурах лицензирования и аккредитации, что существенно осложняет полноценную работу учебных заведений с бюрократической точки зрения;

— необходимость кардинальной переработки существующих ФГОС и основных образовательных программ;

— неоднозначность отношения работодателей к укрупненным ФГОС (переход на стандарты следующего поколения предполагает еще большее укрупнение направлений подготовки).

Требования к результатам освоения программ бакалавриата по укрупненным направлениям подготовки

Согласно новой редакции закона об образовании предполагается внести определенные изменения во ФГОС ВО (ФГОС 3+). Прежде всего они касаются унификации требований к общекультурным (универсальным) и общепрофессиональным компетенциям на основе принципа преемственности стандартов бакалавриата, магистратуры и аспирантуры. Так, в проекте Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность" (ФГОС 3++) введены следующие требования к результатам освоения программы бакалавриата [6]:

1. В результате освоения программы бакалавриата у выпускника должны быть сформированы определенные универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

2. Так, выпускник, освоивший программу бакалавриата по любому направлению, должен обладать следующими универсальными компетенциями (УК) — быть в состоянии выполнять соответствующие действия:

— осуществлять социальное взаимодействие, реализовать свою роль в команде (УК-1);

— определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальный способ их реализации (УК-2);

— планировать свою карьерную и образовательную траекторию (УК-3);

— осуществлять поиск, критический анализ информации для решения поставленных задач (УК-4);

— осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на русском и иностранном языках (УК-5);

— воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом контексте (УК-6);

— создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций (УК-7);

— применять методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК-8).

Таким образом, выделяются определенные смысловые группы универсальных компетенций (единые по уровням подготовки), наличие каждой из которых необходимо для полноценного осуществления любой профессиональной деятельности.

1. Командная работа и лидерство.

2. Разработка и реализация проектов.

3. Самоорганизация и саморазвитие.

4. Системное и критическое мышление.

5. Коммуникация.

6. Межкультурное взаимодействие.

7. Безопасность жизнедеятельности.

8. Здоровый образ жизни (Физкультура).

Помимо универсальных компетенций любой выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать определенными общепрофессиональными компетенциями (ОПК). Для каждой укрупненной группы специальностей (направлений) (УГС) обычно определяется 5...6 ОПК, для отдельного направления — 2...3 ОПК.

Приведем пример перечня общепрофессиональных компетенций, которыми должен обладать выпускник, освоивший программу бакалавриата:

— применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности (ОПК-1);

— осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла (ОПК-2);

— проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-3);

— использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности (ОПК-4);

— принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии (ОПК-5);

— участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил (ОПК-6);

— проектировать технические объекты, системы и процессы в промышленности (ОПК-7).

Профессиональные компетенции в значительной степени определяются областью предполагаемой профессиональной деятельности выпускника. В ФГОС 3++ по сравнению с ФГОС 3+ область профессиональной деятельности определяется менее конкретно. Это связано с тем, что из последней версии стандарта были исключены перечни предполагаемых объектов и видов профессиональной деятельности. Сравнительный анализ требований к профессиональной деятельности для направления подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность" согласно ФГОС 3+ и ФГОС 3++ представлен в табл. 1. В настоящее время предполагается, что область профессиональной деятельности определяется, прежде всего, профессиональными стандартами, в связи с этим в раздел 4 любого ФГОС 3++ включен перечень профессиональных стандартов, сопряженных с данным направлением подготовки.

Определенные изменения претерпели и требования к структуре Примерной основной образовательной программы (ПООП). Так, во ФГОС 3++ из этих требований исключены требования к объемам базовой и вариативной частей. При этом сама структура ПООП осталась прежней. В ней выделяется три основных блока: Блок 1 — Дисциплины (модули); Блок 2 — Практики; Блок

3 — Государственная итоговая аттестация. Требования к трудоемкости блоков по-прежнему указаны в зачетных единицах, при этом в новой версии стандартов для первых двух блоков указывают только минимальное значение трудоемкости, что дает возможность учебным заведениям значительно менять объемы практики в процессе подготовки. При этом требования к общему объему программы бакалавриата во ФГОС 3++ не изменились и составляют 240 зачетных единиц.

Другие изменения, внесенные в ФГОС 3++, позволяют учебным заведениям проявлять большую гибкость при формировании ПООП и организации учебного процесса. Так, в ФГОС 3++ для программы бакалавриата были исключены требования к долям остепененных преподавателей, профессорско-преподавательского состава с базовым образованием (профильным для читаемой дисциплины), привлеченных работников. Эти доли должны быть рекомендованы в ПООП, которую составляют учебные заведения применительно к конкретным условиям. Однако в соответствии с Федеральным законом № 273-ФЗ квалификация научно-педагогических работников должна отвечать квалификационным требованиям, указанным в квалификационных справочниках, и (или) профессиональным стандартам. Кроме того, исключено требование к доле штатных преподавателей. В новом стандарте исчезли требования

Таблица 1

Требования ФГОС последних поколений к области профессиональной деятельности для выпускников бакалавриата направления 20.03.01 [7]

	ФГОС 3+	ФГОС 3++
Область профессиональной деятельности	Обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизация техногенного воздействия на окружающую среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования	Обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизация техногенного воздействия на окружающую среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования
Объекты профессиональной деятельности	Человек и опасности, связанные с человеческой деятельностью. Опасности среды обитания, связанные с деятельностью человека. Опасности среды обитания, связанные с опасными природными явлениями. Опасные технологические процессы и производства. Нормативно-правовая документация по вопросам обеспечения безопасности. Методы и средства оценки опасностей, риска. Методы и средства защиты человека и среды обитания от опасностей. Правила нормирования опасностей и антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Методы и средства спасения человека	Нет
Виды профессиональной деятельности	Проектно-конструкторская. Сервисно-эксплуатационная. Организационно-управленческая. Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская. Научно-исследовательская	Нет



к среднегодовому объему финансирования научных исследований на одного научно-педагогического работника, что безусловно может облегчить работу многих учебных заведений. Все рекомендации по материально-технической базе теперь тоже указываются только на уровне ПООП.

Актуализация основных образовательных программ в соответствии с требованиями профессиональных стандартов на примере направления "Техносферная безопасность"

Приказ Министерств труда и социальной защиты РФ № 667н от 29 сентября 2014 г. "О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности)" устанавливает наименование и коды областей профессиональной деятельности, в соответствии с которыми в настоящий момент осуществляется классификация и разработка профессиональных стандартов (ПС).

На ноябрь 2016 г. Минтрудом России утверждено 857 профессиональных стандартов в соответствии с частью 2 ст. 4 Федерального закона № 122-ФЗ от 02.05.2015 г. [2]. Федеральные государственные образовательные стандарты профессионального образования должны были быть актуализированы в соответствии с ПС до 1 июля 2017 г. В этом направлении существуют определенные сложности:

— на данный момент перечень ПС не является исчерпывающим;

— ни одна область профессиональной деятельности не обеспечена ПС в полной мере;

— наряду с ПС или при их отсутствии используются иные инструменты для определения профессиональных квалификаций.

Участниками процесса формирования и актуализации ФГОС и ПООП в соответствии с профессиональными стандартами являются:

— Министерство образования и науки Российской Федерации;

— Координационные советы по областям образования, утвержденные приказом Минобрнауки России от 22 декабря 2014 г. № 1605;

— Федеральное учебно-методическое объединение (ФУМО);

— Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (НСПК) — консультативный орган при Президенте Российской Федерации, образованный в целях рассмотрения вопросов, касающихся создания и развития системы профессиональных квалификаций в Российской Федерации, учрежденный указом Президента РФ от 16.04.2014 № 249;

— Советы по профессиональным квалификациям (СПК).

За каждым из участников данного процесса закреплены определенные задачи и функции.

Так, Минобрнауки России устанавливает формат и техническое задание на корректировку ФГОС и формирование ПООП с учетом ПС; утверждает методические рекомендации по актуализации ФГОС, разработке ПООП (в том числе по формированию профессиональных компетенций) с учетом ПС; составляет и издает приказы о внесении изменений в ФГОС; определяет оператора, которому поручается ведение реестра ПООП.

За координационными советами по областям образования закреплены следующие функции: формирование и координация деятельности федеральных учебно-методических объединений (УМО) в системе высшего образования; обеспечение формирования основных политик в соответствующих образовательных областях, вопросы устранения дублирующих направлений подготовки и т. д.

Функциями ФУМО являются:

— определение во взаимодействии с СПК профессиональных стандартов, сопряженных с ФГОС, оценка соответствия ФГОС профессиональным стандартам;

— организация работы по подготовке проектов изменений в ФГОС, получение заключения СПК;

— формирование сигналов о необходимости актуализации ПС в части требований к образованию и обучению;

— организация работы по формированию ПООП.

Национальный совет при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям занимается координированием деятельности по формированию национальной системы квалификаций, в том числе рассмотрением проектов ФГОС профессионального образования на предмет соответствия профессиональным стандартам и внесением предложений по их совершенствованию.

Рабочая группа НСПК по применению ПС в системе профессионального образования и обучения отвечает за содействие организации взаимодействия СПК и УМО; участие в формировании, обсуждении и апробации нормативно-методических документов; сбор информации о соотношении ПС и ФГОС, публикацию сведений на сайте НСПК; организацию экспертного обсуждения вопросов актуализации ФГОС и разработки проектов ПООП с учетом ПС; организацию экспертизы проектов ФГОС, направленных в НСПК на предмет соответствия ПС.

Советы по профессиональным квалификациям формируют позиции по соотношению ПС и ФГОС; участвуют в экспертной работе при формировании и актуализации ФГОС и ПООП; участвуют в экспертизе проектов ФГОС; участвуют в формировании и апробации нормативно-методических документов.

При разработке программы бакалавриата образовательная организация самостоятельно осуществляет выбор профессиональных стандартов (при их наличии), на которые она должна опираться при составлении ПООП. Перечень существующих на данный момент ПС приведен в Реестре профессиональных стандартов в программно-аппаратном комплексе "Профессиональные стандарты" Министерства труда и социальной защиты РФ. Он составляется с учетом текущих сведений о соотношении профессиональных стандартов и федеральных государственных образовательных стандартов, сформированных федеральными учебно-методическими объединениями в системе высшего образования во взаимодействии с Национальным советом при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям.

Актуализированные по ФГОС 3++ примерные основные образовательные программы должны включать стандартные компоненты:

- примерный учебный план;
- примерный календарный учебный график;
- примерные рабочие программы дисциплин (модулей), практик;
- рекомендации по разработке фондов оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) или практике;
- рекомендации по разработке программы государственной итоговой аттестации.

Структура ПООП должна включать в себя шесть основных разделов, два из которых (разделы 3 и 4) должны содержать требования к профессиональной деятельности выпускника, основанные на соответствующих профессиональных стандартах.

Раздел 1. Общие положения.

Раздел 2. Общая характеристика ПООП.

Раздел 3. Характеристика профессиональной деятельности выпускника.

Раздел 4. Планируемые результаты освоения образовательной программы.

Раздел 5. Рекомендуемые структура и содержание образовательной программы.

Раздел 6. Характеристика условий реализации образовательной программы.

Поскольку основной задачей всех уровней профессионального образования является подготовка специалистов, востребованных на рынке труда, при составлении ПООП необходимо особое внимание уделять вопросам, связанным с определением предполагаемой области профессиональной деятельности выпускников, определением подходящих профессиональных стандартов и необходимых профессиональных компетенций. Для этого необходимо:

- определить объекты и задачи профессиональной деятельности;
- установить перечень направленностей основных образовательных программ;

для каждого профиля подобрать профессиональный стандарт и (или) иные документы для формирования обязательной части профессиональных компетенций;

поиск ПС осуществлять в Национальном реестре профессиональных стандартов, включающем реестр ПС, реестр областей и видов профессиональной деятельности, реестр трудовых функций; данный ресурс расположен на сайте Минтруда России (<http://profstandart.rosmintrud.ru/>);

для формулирования профессиональных компетенций провести сопряжение обобщенных трудовых функций (трудовых функций) или требований иных документов;

установить перечень обязательных ПК (ядра профессиональной деятельности).

Анализ утвержденных на данный момент профессиональных стандартов позволил выявить перечень документов, связанных по основным характеристикам профессиональной деятельности с выпускниками направления "Техносферная безопасность": 20.03.01 (бакалавриат) и 20.04.01 (магистратура). Перечень соответствующих профессиональных стандартов приведен в табл. 2 (см. 3-ю стр. обложки). На данный момент еще не все из перечисленных в ней стандартов приняты, некоторые существуют в виде проектов. Кроме того, разработка профессиональных стандартов продолжается, поэтому в будущем данный раздел ФГОС должен будет постоянно пересматриваться.

При составлении ПООП бакалавриата и магистратуры необходимо ориентироваться на конкретные профессиональные стандарты, учитывать особенности региона, профиль конкретного учебного заведения, научную специализацию сотрудников, потребности работодателей.

Список литературы

1. **Федеральный закон** от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" // Собрание законодательства Российской Федерации, 2012, № 53, ст. 7598; 2013, № 19, ст. 2326; № 23, ст. 2878; № 27, ст. 3462; № 30, ст. 4036; № 48, ст. 6165; 2014, № 6, ст. 562.
2. **Федеральный закон** от 02.05.2015 № 122-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статьи 11 и 73 Федерального закона "Об образовании в Российской Федерации" // Собрание законодательства Российской Федерации. 2012. № 53, ст. 7598.
3. **Мессинева Е. М., Мануйлова Н. Б., Фетисов А. Г.** Проблемы подготовки инженерно-экологических кадров в связи с переходом на ФГОС 3 // Актуальные вопросы образования и науки сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. — Тамбов, 2014. — С. 72—73.
4. **Дмитренко В. П., Гераськин А. И., Мессинева Е. М., Фетисов А. Г.** Проблемы подготовки кадров инженерно-экологического профиля // Экология производства. — 2014. — № 6. — С. 51—57.



5. **Дмитренко В. П., Мессинева Е. М., Фетисов А. Г.** Особенности подготовки кадров по базовым профилям направления "Техносферная безопасность" в соответствии с образовательными стандартами третьего поколения (ФГОС 3) // Экономика и управление в машиностроении. — 2012. — № 4. — С. 55.
6. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность" (уровень бака-**

лавриат) [Электронный ресурс]. Федеральное учебно-методическое объединение "Техносферная безопасность и природообустройство". URL: <http://умо-тбп.рф/files/---20.03.01.pdf> (дата обращения 25.10.2016).

7. **Симакова Е. Н., Гапонюк Н. А., Шалпегин О. Н.** Актуализация ФГОС ВО по направлению "Техносферная безопасность" с учетом требований профессиональных стандартов // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 7. — С. 59—67.

E. M. Messineva, Associate Professor, **A. G. Fetisov**, Associate Professor,
e-mail: alefetisov@yandex.ru, Moscow Aviation Institute (National Research University)

Problems of Transition to the Next Generation of the Federal State Educational Standards of Higher Education Connected with the Requirements of Professional Standards for the Enlarged Destinations Group "Technosphere Safety"

The article describes the main changes made in the federal state educational standards of higher education related to the professional standards development and introduction. Legal acts which are necessary to this process were thoroughly analyzed.

The problems arising during updating the federal state educational standards of higher education in connection with the introduction of professional standards were also described in this article.

Furthermore, current paper analyzes the requirements for professional level of graduates the enlarged destinations "Technosphere safety" in accordance with the currently existing professional standards.

Keywords: federal state vocational education standards, universal, general professional and professional competences, professional standards, basic educational program

References

1. **Federal Law** of December 29, 2012 № 273-FZ "On Education in the Russian Federation." *Assembly of the Russian Federation*. 2012, No. 53, clause 7598; 2013, No. 19, clause 2326; No. 23, clause 2878; No. 27, clause 3462; No. 30, clause 4036; No. 48, clause 6165; 2014, No. 6, clause 562.
2. **Federal Law** dated 02.05.2015 № 122-FZ "On Amendments to the Labor Code of the Russian Federation and the clause 11 and 73 of the Federal Law" On Education in the Russian Federation". *Assembly of the Russian Federation*, 2012, No. 53, clause 7598.
3. **Messineva E. M., Manujlova N. B., Fetisov A. G.** Problemy podgotovki inzhenerno-jekologicheskikh kadrov v svyazi s perehodom na FGOS-3. *Aktual'nye voprosy obrazovanija i nauki. Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Tambov, 2014. P. 72—73.

4. **Dmitrenko V. P., Geras'kin A. I., Messineva E. M., Fetisov A. G.** Problemy podgotovki kadrov inzhenerno-jekologicheskogo profilja. *Jekologija proizvodstva*. 2014. No. 6. P. 51—57.
5. **Dmitrenko V. P., Messineva E. M., Fetisov A. G.** Oso-bennosti podgotovki kadrov po bazovym profiljam napravlenija "Tehnosfernaja bezopasnost'" v sootvetstvii s obrazovatel'nymi standartami tret'ego pokolenija (FGOS-3). *Jekonomika i upravlenie v mashinostroenii*. 2012. No. 4. P. 55.
6. **Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart** vysshego obrazovanija po napravleniju podgotovki 20.03.01 "Tehnosfernaja bezopasnost'" (uroven' bakalavriat). [jelektronnyj resurs]. Federal'noe uchebno-metodicheskoe ob#edinenie Tehnosfernaja bezopasnost' i prirodoobustrojstvo. URL: <http://умо-тбп.рф/files/---20.03.01.pdf> (date of access 25.10.2016).
7. **Simakova E. N., Gaponjuk N. A., Shhalpegin O. N.** Aktualizacija FGOS VO po napravlenijub "Tehnosfernaja bezopasnost'" s uchetom trebovanij professional'nyh standartov. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 7. P. 59—67.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Н. В. Яшина*

Сдано в набор 01.12.17. Подписано в печать 18.01.18. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG218.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солишнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru