



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.
 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.
 ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
 РОДИН В. Е., 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.
 ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.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.
 ПИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
 РОДИН Г. А., д.т.н.
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

10(226)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Сугак Е. Б. Особенности создания и функционирования современной системы управления охраной труда	3
Мусихина С. А., Мусихина Е. А. Современное состояние проблемы производственного травматизма на предприятиях Курганской области	8
Копин С. В. Устройство для принудительного проветривания рабочих зон	12
Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Адаптация серийных пластин мипласта к орошаемым насадкам воздухоохладителей кабин	19

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Резазов А. М., Котломин Н. Е. Система обеспечения безопасности магистральных трубопроводов от сейсмических воздействий	26
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Пузач С. В., Болдрушкиев О. Б., Сулейкин Е. В. Определение удельного коэффициента образования и критической парциальной плотности циановодорода при пожаре в помещении	31
Кодряну Е. Ю., Дягилева А. Б. Сравнительный анализ реагентов для снижения пылимости и защиты зернохранилищ от пожароопасных ситуаций с обеспечением сохранения качества зерна	36

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Катин В. Д., Долгов Р. В., Ахтямов М. Х., Косыгин В. Ю. Экспериментальные исследования экологичности работы дутьевых горелок трубчатых печей и разработка математических моделей уровней шума и концентраций оксидов азота	42
Бобович Б. Б. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу — путь повышения его экологической безопасности	46

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Кулиев И. А., Халилов М. Ю., Марданов И. И. Экогеографические аспекты освоения земель Джейранчельского низкогорья	51
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ОБРАЗОВАНИЕ

Бокарев А. И., Игнатювич И. А., Денисова Е. С. Конкретизация требований к выпускной квалификационной работе бакалавра по профилю подготовки "Безопасность труда"	57
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

РЕЦЕНЗИИ НА ВЫШЕДШИЕ КНИГИ

Рецензия на монографии профессора МГТУ им. Н. Э. Баумана Б. С. Ксенофонтова: Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с. и Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны. М.: ИД "Форум": Инфра-М, 2015. 256 с.	64
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

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, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
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.)
PLYUSHCHIKOV V. G.,
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN V. E., 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.)
VOROBYEV D. V., Dr. Sci. (Med.)
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. (Phis.-Math.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
RODIN G. A., Dr. Sci. (Tech.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

10(226)
2019

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

- Sugak E. B.** Features of Creation and Functioning of a Modern System of Occupational Safety Management 3
Musikhina S. A., Musikhina E. A. The Current State of the Problem of Occupational Injuries in the Enterprises of the Kurgan Region 8
Kopin S. V. The Device for Forced Ventilation of Work Areas 12
Mikhailov V. A., Sotnikova E. V., Kalpina N. Yu. Adaptation of the Serial Plates of Miplast to Irrigated to Nozzles of Air Coolers of Cabins 19

SITUATION OF EMERGENCY

- Revazov A. M., Kotlomin N. E.** Safety System for Trunk Pipelines against Seismic Effects 26

FIRE SAFETY

- Puzach S. V., Boldrushkiev O. B., Suleykin E. V.** Defining the Specific Formation Coefficient and the Critical Partial Density of Hydrogen Cyanide at the Fire Indoors 31
Kodryanu E. Y., Diaghileva A. B. Comparative Analysis of Reagents to Reduce Dust and Protect Granaries from fire Situations to Ensure the Preservation of Grain Quality 36

ECOLOGICAL SAFETY

- Katin V. D., Dolgov R. V., Akhtyamov M. H., Kosygin V. Yu.** Experimental Researches of Ecological Compatibility of Work of Blowing Torches of Tubular Furnaces and Working out of Mathematical Models of Noise Levels and Concentration of Nitrogen Oxides 42
Bobovich B. B. The Transfer of Public Transport to Electric Traction as a Way to Enhance its Environmental Securities 46

REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Guliyev I. A., Xalilov M. Y., Mardanov I. I.** Eco Geographical Sides of Misappropriation of Lands of Dzheyranchel Lowland 51

EDUCATION

- Bokarev A. I., Ignatovich I. A., Denisova E. S.** Specification of Requirements for Bachelors Graduation Work on the Profile of Training "Safety of Work" 57

PUBLISHED BOOKS REVIEWS

- Review** on the monograph of Professor of the Bauman MSTU B. S. Ksenofontova: "Flotation treatment of water, waste and soil". Moscow: New technologies, 2010. 272 p. and "Wastewater treatment kinetics of flotation and flotation combines". Moscow: ID " Forum: Infra-M, 2015. 256 p. 64

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

УДК 621.039.58

Е. Б. Сугак, канд. техн. наук, доц., e-mail: SugakEB@mgsu.ru, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Особенности создания и функционирования современной системы управления охраной труда

В Российской Федерации принят ряд нормативно-правовых документов, содержащих рекомендации по внедрению современной системы предупреждения производственного травматизма и профессиональных заболеваний на основе методик по управлению профессиональными рисками. Однако реформирование системы управления охраной труда на предприятиях осуществляется медленно, что связано в частности с недостаточным информированием руководителей и специалистов о содержании современной модели охраны труда, о методических и организационных новациях в менеджменте производственной безопасности и здоровья. Рассмотрен ряд основных положений, характеризующих отличие современной системы управления охраной труда от традиционных подходов.

Ключевые слова: управление охраной труда, статистика производственного травматизма, профессиональный риск, функциональные обязанности должностных лиц, социальное партнерство

Введение

Последние десятилетия в развитых странах наблюдаются благоприятные изменения в уровне производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Позитивные тенденции в уменьшении трудовых потерь связаны с созданием и внедрением в практическую деятельность новой модели охраны труда, на основе которой сформировалась современная "система менеджмента производственной безопасности и здоровья (СМ ПБЗ)" [1, 2]. Переход на новые способы управления производством произошел из-за исчерпания ресурсов традиционных методов управления охраной труда, которые в реалиях постиндустриальной экономики показывали слабую динамику по сокращению несчастных случаев и профессиональных заболеваний, не обеспечивали должной эффективности в снижении производственных издержек при росте стоимости рабочей силы.

Системы управления производственной безопасностью и здоровьем в развитых странах достаточно быстро продемонстрировали свои преимущества. Например, на предприятиях Германии в период 1968—1983 г. зафиксировано почти трехкратное уменьшение числа летальных исходов на производстве, соответственно существенно снизилось количество и тяжесть других травматических повреждений и заболеваний [3]. Но главный эффект от реформирования оказался в другом. Меры по повышению безопасности труда на основе модернизации основных фондов, обновления производственного оборудования и инструмента, оптимизации инфраструктуры

предприятий способствовали улучшению качества выпускаемой продукции и услуг, увеличению производительности труда. Эти меры положительно сказались на мотивации персонала, позитивно отразились на экономических показателях предприятия и на его конкурентоспособности [4]. Как показывают ежегодные опросы работодателей Евросоюза, большинство из них признают, что улучшение безопасности и комфортности рабочих мест является основным приоритетом их деятельности, обеспечивает надежную и эффективную основу для стабильного и долгосрочного развития фирмы [5].

В Российской Федерации благодаря совместной деятельности государственных инстанций и производственных коллективов в последние 15 лет фиксируется постоянное снижение общего количества зарегистрированных несчастных случаев на рабочих местах и это является позитивным фактором. Также снижается, но с более слабой динамикой производственный травматизм с летальным исходом. Однако косвенные данные свидетельствуют о том, что пока рано говорить о серьезных благоприятных изменениях в улучшении условий труда. В частности, на фоне уменьшения коэффициента частоты несчастных случаев, который фиксирует число инцидентов за календарный год на 1000 работников, произошло увеличение коэффициента тяжести травматизма, т. е. количество дней нетрудоспособности на одну производственную травму возросло на 33 % — с 34,2 до 45,6 дней [6]. Таким образом, наблюдается противоречивая тенденция — при уменьшении числа инцидентов, свидетельствующих об



улучшении безопасности рабочих мест, возрастает степень повреждения пострадавших, что, наоборот, показывает ухудшение ситуации с условиями труда.

По экспертной оценке ВНИИ охраны и экономики труда Минтруда РФ общие экономические потери государства из-за неудовлетворительного состояния условий и охраны труда работников в 2011 г. составили за год 1,94 трл руб., или 4,3 % ВВП. При этом потери фонда рабочего времени из-за неблагоприятных условий труда оценили в 1,48 трл руб. (76 % от общих убытков), выплаты Пенсионного фонда РФ на досрочные пенсии за работу во вредных условиях труда составили 300 млрд руб. (15 % от общих убытков), выплаты Фондом социального страхования на обеспечение по страхованию в связи с несчастными случаями и профессиональными заболеваниями на производстве составили 159 млрд руб. (8 % от общих убытков) [7]. Таким образом, наибольшие убытки предприятия несут от трудовых потерь вследствие заболеваний общего характера, так называемых производственно-обусловленных заболеваний, вызванных неблагоприятными условиями труда.

Неоднозначная оценка положения с производственным травматизмом плохо коррелируется с позитивными изменениями, которые произошли и происходят в технико-технологическом обустройстве рабочих мест, в повышении качества инфраструктуры отечественных предприятий. Модернизация основных фондов должна позитивно сказываться и это ощущается в статистике производственного травматизма. Однако работая на аналогичном с развитыми странами оборудовании, используя идентичные с ними технологии и инструмент, российский персонал при этом рискует получить производственную травму или профессиональное заболевание значительно чаще, чем его иностранный коллега. Так, по данным статистики, в странах Евросоюза смертельный травматизм на производстве фиксируется в 3—9 раз реже, чем в России, хотя материально-техническое оснащение рабочих мест и технологические процессы у нас близки или не в такой степени отличаются. И еще один неблагоприятный факт — в России на каждые 22 зарегистрированных несчастных случаев приходится одна травма с летальным исходом, а в европейских странах смертельный инцидент фиксируется в среднем при 500...2000 зарегистрированных несчастных случаях [6].

Методология

В Российской Федерации более 10 лет назад был введен национальный стандарт ГОСТ 12.0.230—2007 "Системы управления охраной труда. Общие требования", текст которого гармонизирован

с нормативным документом Международной организации труда — ILO OSH—2001. В октябре 2011 г. Правительство РФ провело специальное заседание по проблемам модернизации системы управления охраной труда и приняло соответствующее постановление. Вскоре был разработан и принят стандарт ГОСТ Р 54934—2012 "Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья", содержание которого идентично международному стандарту OHSAS 18001:2007.

По мнению Правительства РФ наиболее актуальными на сегодня являются мероприятия по модернизации системы управления безопасностью труда, которая мало изменилась со времен СССР. Было признано, что современные условия экономического развития не обеспечивают сокращение травматизма и заболеваемости, не стимулируют работодателей к улучшению условий труда и ориентированы не на предупреждение проявления опасных и вредных факторов производства, а на устранение последствий производственного травматизма и профессиональных заболеваний, на выплату компенсаций персоналу за работу во вредных условиях. Поэтому поставлена задача создать новую систему управления охраной труда, которая должна вместо методов и процедур реагирования на произошедшие производственные инциденты осуществлять превентивную деятельность по выявлению, распознаванию, оценке и устранению или снижению профессиональных рисков.

Однако на практике, несмотря на наличие базовых нормативных документов, система управления охраной труда на предприятиях реформируется медленно, продолжают доминировать методы работы традиционной модели охраны труда, основанной не на создании безопасной производственной среды, а на надзоре и контроле за выполнением персоналом требований охраны труда. Реализация положений национальных стандартов наталкивается на ряд препятствий, одним из которых является недостаточная информированность руководителей и специалистов о содержании современной модели охраны труда, ее сущности и отличий от традиционных подходов, о методических основах трудоохранной деятельности, о структурных и функциональных новациях внутри предприятия, об экономической целесообразности мер по улучшению условий и безопасности труда и по другим актуальным вопросам.

Основные результаты исследования

Рассмотрим содержание современных представлений по вопросам обеспечения безопасности труда и их отличий от традиционных методов охраны труда.

1. Объективная природа происхождения несчастных случаев. Одной из важных особенностей

современной модели охраны труда является изменение представления о природе происхождения несчастных случаев. В рамках традиционных подходов причинами возникновения производственного инцидента чаще всего признаются субъективные причины, обусловленные нарушениями работником требований охраны труда. На уровне рабочего исполнителя такая версия имеет право на существование, однако для руководителя предприятия она не дает возможности эффективно проводить превентивные мероприятия, осуществлять оценку, учет и управление профессиональными рисками.

Идеология сегодняшней системы менеджмента производственной безопасности и здоровья состоит в том, что основными факторами происхождения несчастных случаев и профессиональных заболеваний признаются объективные причины, а именно, наличие на каждом рабочем месте профессионального риска, отражающего присутствие производственных опасных и вредных факторов. Когда такие факторы проявляются, они наносят работнику повреждения той или иной степени тяжести, в том числе с потерей трудоспособности. Чем больше на производстве опасных и вредных факторов, тем больше происходит несчастных случаев и профессиональных заболеваний [3].

Опасные и вредные факторы могут находиться в двух различных состояниях — в явном виде или в скрытом или неявном виде. К явному виду относятся те опасные и вредные факторы, которые проявились, вызвали соответствующее повреждение здоровья человека. В процессе расследования инцидента эти факторы документально зафиксированы, т. е. тем самым легализованы. Степень повреждения работника — легкая, средней тяжести или тяжелая — не должна приниматься во внимание при процедуре регистрации того или иного опасного или вредного фактора. Важен сам факт проявления производственных опасных и вредных факторов, а не величина негативного эффекта от их воздействия.

Те производственные опасные и вредные факторы, которые присутствуют в трудовом процессе, но еще не проявились, внешне не воздействовали на организм человека и, соответственно, не вызвали его повреждения, относятся к опасным и вредным факторам, находящимся в скрытом, неявном состоянии. Они представляют особую угрозу безопасности труда вследствие того, что их, во-первых, гораздо больше, чем факторов, уже проявившихся и нанесших вред здоровью работника, во-вторых, они находятся в невидимом, неочевидном состоянии и их следует часто непростыми способами выявлять, и, в-третьих, потенциальное воздействие на персонал скрытых опасных факторов может вызывать неожиданные и самые непредсказуемые последствия.

Признание объективного характера происхождения несчастных случаев и профессиональных заболеваний подразумевает, что профилактические меры должны быть объективными, направленными на снижение уровня опасности негативных производственных факторов. А именно проведение работ по изменению технологического процесса, использование менее опасных или безопасных веществ и механизмов, применение эффективных защитных систем и устройств, которые в комплексе позволяют создать объективно безопасную производственную среду. Важно подчеркнуть, что формирование объективного фактора безопасности на производстве должно реализовываться исключительно техническими и организационными методами, без применения "трудового героизма персонала".

2. Изменение функциональных обязанностей управленческой пирамиды. Новая система управления охраной труда меняет вектор трудоохранной деятельности и вместо процедур и методов реагирования на произошедшие производственные инциденты, вместо выполнения действий по устранению последствий производственного травматизма и профессиональных заболеваний она ориентирует на мониторинг и прогнозирование возможных проявлений неблагоприятных ситуаций, на реализацию предупредительных мероприятий по минимизации воздействия опасных и вредных производственных факторов. Методическим содержанием системы управления профессиональными рисками являются процессы выявления, распознавания и устранения опасных и вредных факторов, для выполнения которых требуются другие функциональные обязанности должностных лиц и другой уровень знаний руководителей и специалистов.

Работодатель является ключевой составляющей новой системы управления охраной труда на предприятии не только вследствие того, что он исполняет функции первого руководителя, но и потому, что законодательство Российской Федерации общую ответственность за организацию работ по обеспечению требуемого уровня охраны труда возлагает на работодателя, обладающего наивысшими полномочиями в организации. Он управляет финансовыми, материальными, кадровыми и иными ресурсами, поэтому имеет возможность в рамках имеющихся полномочий наиболее успешно решать самые сложные задачи. В традиционной системе управления охраной труда эти обязанности были размыты и не персонализированы в достаточной мере. Основную работу по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний проводил инженер по охране труда и соответствующая служба предприятия, ее деятельность курировал главный инженер.

Основным инструментом работодателя для выполнения обязанностей по предотвращению



производственного травматизма и заболеваний является сформированная в организации система управления охраной труда, которая в идеале должна быть интегрирована в общую систему управления предприятием. Неся персональную ответственность за общее состояние с безопасностью труда на предприятии, работодатель делегирует часть своих полномочий на нижележащие уровни управления, руководители которых отвечают за условия труда на подведомственных им производственных участках. Таким образом, первый руководитель-работодатель организует работу по управлению охраной труда на предприятии и обеспечивает безопасный труд своих подчиненных созданием соответствующих условий труда.

Главным помощником работодателя и других руководителей в реализации задач по созданию безопасных условий труда является специалист по охране труда, который в соответствии с характером своей деятельности не входит в систему технологического управления предприятием и не имеет властных полномочий на каком-то производственном участке. Поэтому специалист по охране труда, не обладая соответствующими руководящими возможностями, не может нести административную и юридическую ответственность за инцидент, произошедший в зоне полномочий руководителя производственного подразделения или работодателя. Специалист по охране труда исполняет по существу функции штатного работника — он в качестве помощника и ответственного консультанта при руководстве рекомендует, информирует, организует и координирует работу по безопасности труда. Такой статус не снижает авторитет специалиста по охране труда, наоборот, предъявляет повышенные требования к его компетентности, профессионализму, человеческим качествам.

Ответственными за безопасность труда на производственных участках являются их руководители. Они помогают службе охраны труда выявлять и распознавать опасные и вредные факторы, участвуют в подготовке технических решений по их минимизации или устранению. При реализации принятых решений руководители среднего звена становятся ответственными исполнителями, для этого они обладают достаточными организационными и материальными ресурсами, а также властными возможностями на своем участке. При реализации мероприятий специалист по охране труда консультирует и контролирует ответственных исполнителей, выполняет функцию авторского надзора, участвует во всех этапах выполнения решения, вплоть до завершения работ. Ошибка в технической документации, некачественная рекомендация, неверное техническое решение — это ответственность специалиста по охране труда, плохое исполнение мероприятий — ответственность руководителя подразделения.

3. Усиление роли трудового коллектива. Для формирования эффективной управленческой системы недостаточно изменить функциональные обязанности руководителей высшего, среднего и низшего звена, успех реформирования системы невозможен без широкого участия членов трудового коллектива в подготовке, реализации и контроле трудоохранных мероприятий. Тесное социальное партнерство между руководством и трудовым коллективом способствует созданию благоприятных условий для мобилизации обеих сторон на обеспечение безопасного процесса труда, вовлечение в созидательный процесс всех работников предприятия, начиная от работодателя до исполнителей скромных должностей.

Одним из инструментов для реализации идей социального партнерства является создание и функционирование на предприятии комитета (комиссии) по охране труда. В соответствии с Трудовым кодексом РФ комитет является совещательным органом при работодателе, он может создаваться по его инициативе либо по инициативе работников. В его состав могут входить на паритетной основе представители от работодателя и от профсоюзной организации. Еще в июне 2014 г. Минтрудом РФ утверждено новое Типовое положение о порядке создания и деятельности комитета.

Комитет как коллективный орган должен способствовать формированию единой политики предприятия по реализации задач безопасного производства, единства подходов и методов работы, одинаковых приоритетов безопасного труда для всего производственного коллектива. Улучшение условий труда и повышение комфортности рабочего места должны стать целью предприятия, которую нельзя рассматривать как требование государственных органов надзора, напротив, ее нужно воспринимать как внутрипроизводственную задачу. Целенаправленная работа комитета позволит создать и отшлифовать систему управления охраной труда, соответствующую современным требованиям, а у персонала сформировать осознанную мотивацию к безопасному поведению в самом широком смысле.

В Германии решение о создании комитетов по производственной безопасности появилось в 1980-х годах в законе об охране труда и стало одним из наиболее эффективных новаций. Наличие специализированной площадки для обсуждения и принятия коллективных решений, учитывающих мнения руководства, Совета предприятия и представителей трудового коллектива позволило существенно ускорить переход на новую систему управления безопасностью труда, консолидировать трудовой коллектив и управленческий персонал на реализацию реального социального партнерства [8].

К сожалению, значительное большинство российских предприятий не нашли целесообразности в организации подобной структуры. Даже профсоюзные органы не заинтересовались подходящей

возможностью осуществлять дополнительный контроль за деятельностью работодателя, обсуждать и предлагать к реализации мероприятия по охране труда в рамках официально утвержденной инстанции. Представляется, что руководители организаций недооценивают те возможности для перестройки системы управления охраной труда, которые возникают в результате деятельности комитета.

Заключение

Охрана труда начинается не у станка, не на рабочем месте. В значительно большей степени безопасность труда, как и все аспекты производства, закладываются в решениях должностных лиц, имеющих соответствующее мировоззрение и реализующих современную систему менеджмента производственной безопасности и здоровья. Охрана труда выражается в выявлении и распознавании опасных и вредных производственных факторов, анализе и оценке профессиональных рисков, разработке организационно-технических решений по минимизации выявленных рисков и в реализации намеченных мероприятий с широким участием всего трудового коллектива. Новая система управления охраной труда должна стать эффективным механизмом обеспечения

безопасных и комфортных условий труда, сохраняющих должную работоспособность работника на протяжении всего его трудового стажа.

Список литературы

1. Федорев А. Г. Менеджмент производственной безопасности и оценка рисков. — М.: АНО "ИБТ", 2012. — 152 с.
2. Литвинов Р. А. Формирование систем управления охраной труда. Тенденции на международном уровне // Охрана труда и техника безопасности в строительстве. — 2013. — № 4. — С. 12—18.
3. Сугак Е. Б. Природа производственного травматизма в аспекте управления профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 7. — С. 3—7.
4. Сугак Е. Б. К вопросу об экономической целесообразности мероприятий по охране труда // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 5. — С. 3—8.
5. Александрова Е. В. Кошелек или жизнь // Коммерсант-Business Guide. Охрана труда. 2006.07.11. — № 204/В. — С. 30—31.
6. Тихонова Г. И., Чуранова А. Н., Горчакова Т. Ю. Профессиональный риск по показателям производственного травматизма в России // Медицина труда и промышленная экология. — 2012. — № 3 — С. 9—14.
7. Голикова Т. А. О мерах, направленных на улучшение условий труда, сохранение жизни и здоровья работников: Доклад на заседании Правительства РФ 27 октября 2011 года // Охрана труда и техника безопасности в строительстве. — 2012. — № 1. — С. 7—11.
8. Сугак Е. Б. Социальное партнерство как один из инструментов управления профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 6. — С. 6—10.

Е. В. Sugak, Professor, e-mail: SugakEB@mgsu.ru, National Research Moscow State Construction University,

Features of Creation and Functioning of a Modern System of Occupational Safety Management

The relatively low level of occupational injuries and diseases recorded in developed countries is associated with the operation of a new occupational safety management system, called the "Occupational health and safety management system" (OHSAS). The Russian Federation has adopted a number of regulatory documents containing recommendations for the introduction of a modern system for the prevention of industrial injuries and occupational diseases on the basis of methods for managing occupational risks. However, despite the efforts of the Government of the Russian Federation, the reform of the occupational safety management system at enterprises is carried out slowly, which is due, inter alia, to the lack of awareness of managers and specialists about the content of the modern model of occupational safety, methodological and organizational innovations in the management of occupational safety and health. The article notes a number of basic provisions characterizing the difference between the new system of occupational safety management and traditional approaches.

Keywords: occupational health and safety management, occupational injury statistics, occupational risk, functional responsibilities of officials, social partnership

References

1. Fedorec A. G. Menedzhment proizvodstvennoj bezopasnosti i ocenka riskov. Sbornik statej. Moscow: ANO "IBT", 2012. — 152 p.
2. Litvinov R. A. Formirovanie sistem upravleniya ohranoy truda. Tendencii na mezhdunarodnom urovne. *Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v stroitelstve*. 2013. No. 4. P. 12—18.
3. Sugak E. B. Priroda proizvodstvennogo travmatizma v aspekte upravleniya professionalnymi riskami. *Bezopasnost shiznedeyatelnosti*. 2015. No. 7. P. 3—6.
4. Sugak E. B. K voprosu ob ekonomicheskoy celesoobraznosti meroprijatij po ohrane truda. *Bezopasnost shiznedeyatelnosti*. 2018. No. 5. P. 3—8.
5. Aleksandrova E. V. Koshelek ili khizn. *Kommersant-Business Guide. Ohrana truda*. 2006.07.11. No. 204/B. P. 30—31.
6. Tixonova G. I., Churanova A. N. Professionalnye risk po pokazateljam proizvodstvennogo travmatizma v Rossii. *Medicina truda i promyshlennaja ekologija*. 2012. No. 3. P. 9—14.
7. Golikova T. A. O merah napravlenyh na uluchshenie uslovij truda, sohranenie zhizni i zdoroviya rabotnikov: Doklad na zasedanii Pravitelstva RF 27 oktjabrja 2011 goda. *Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v stroitelstve*. 2012. No. 1. P. 7—11.
8. Sugak E. B. Socialnoe partnerstvo kak odin iz instrumentov upravlenija proffessionalnymi riskami. *Bezopasnost shiznedeyatelnosti*. 2016. No. 6. P. 6—10.



УДК 614.8.027.2

С. А. Мусихина, канд. пед. наук, доц., e-mail: Ekatl3@gmail.com,
Курганский государственный университет, **Е. А. Мусихина**, асп., врач по общей
гигиене, Центр гигиены и эпидемиологии в Курганской области, Курган

Современное состояние проблемы производственного травматизма на предприятиях Курганской области

Представлены результаты анализа сведений о расследованных и связанных с производством несчастных случаях на предприятиях Курганской области за пятилетний период (2013—2017 гг.). Изучены причины, уровень и структура данного показателя во всех ведущих экономических отраслях. Приведена статистика по основным видам производственных травм. С целью предупреждения несчастных случаев и повышения уровня здоровья работающих предложен комплекс профилактических мероприятий в сфере охраны труда по профилактике производственного травматизма на различных уровнях.

Ключевые слова: производственный травматизм, несчастные случаи, охрана труда, профилактика

Введение

Одной из актуальнейших проблем профилактической медицины является охрана труда работающих [1]. В первую очередь это обусловлено интенсивным развитием производственной сферы и высоким уровнем несчастных случаев на производстве, которые ведут не только к ухудшению индивидуального и коллективного здоровья, но и создают дополнительный экономический и правовой риск для руководства. В этой связи вопросы охраны труда и квалификации персонала являются одними из приоритетных при планировании работы на предприятии [2, 3].

Соблюдение основных принципов охраны труда на производстве является гарантом защиты работающих от неблагоприятного воздействия вредных и опасных факторов, провоцирующих развитие острой и хронической профессиональной патологии [4]. Кроме того, с одной стороны, повышается качество и производительность труда, с другой — наблюдается экономическая выгода для предприятия ввиду отсутствия финансовых санкций надзорных органов и предупреждения потерь рабочего времени [5].

Приоритетными задачами в области охраны труда являются предотвращение случаев производственного травматизма, снижение уровня профессиональных заболеваний, оценка риска и создание оптимальных условий труда работников [6, 7].

Согласно статистическим данным Международной организации труда (МОТ), во всем мире несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания со смертельным исходом составляют около 2,3 млн человек в год [8].

Это обусловлено тем, что здоровье работающего может быть подвержено влиянию около 100 тыс. вредных химических соединений, 200 биологических и около 50 физических факторов, а также тяжести и напряженности трудового процесса [9]. При этом не представляется возможным компенсировать огромные потери, связанные с утратой жизнедеятельности работников, со снижением эффективности труда [10]. В этой связи обеспечение контроля производственной безопасности и других мероприятий комплекса по охране труда должны стать приоритетными в деятельности контролирующих органов в сфере охраны труда [11].

В целом уровень производственного травматизма на производстве является индикатором обеспечения охраны труда и зависит от ряда факторов трудового процесса. В первую очередь к таковым относятся организация трудового процесса и характер выполняемой работы, а также современное состояние условий труда [12, 13]. Данный показатель существенно уменьшается с внедрением безопасных автоматизированных технологий и оборудования, повышением квалификации кадров и должен являться основополагающим критерием при оценке профессионального риска, с целью оптимизации управлением охраной труда [14].

Риск-ориентированный подход предполагает всесторонний анализ и оценку величины и значимости рисков: комплексное изучение уровня производственного травматизма, причин несчастных случаев, идентификацию вредных и опасных факторов трудового процесса [15]. Своевременно и правильно установленные риски на конкретных рабочих местах или этапах технологического процесса позволяют эффективно предотвратить

аварии, несчастные случаи на производстве, способствуют сохранению индивидуального и коллективного здоровья работающих [16].

Проблема производственного травматизма является актуальной и для Курганской области — важного промышленного центра Урала. Экономика города представлена многочисленными отраслями производства: предприятиями военно-промышленного комплекса, машиностроения, химической, легкой, пищевой промышленности. В связи с этим изучение уровня несчастных случаев, профессиональной заболеваемости и производственного травматизма представляет большой интерес для специалистов в сфере охраны, гигиены труда и надзорных органов.

Объекты и методы исследования

В ходе исследования были проанализированы сведения о расследованных и связанных с производством несчастных случаях на предприятиях Курганской области за пятилетний период (2013—2017 гг.). В частности, изучены причины, уровень и структура данного показателя во всех ведущих экономических отраслях: производство пищевых продуктов, древесины, металлических цистерн, оружия и боеприпасов, готовых металлических изделий, оптовая и розничная торговля, строительство зданий, производство, передача и распределение электроэнергии, пара и горячей воды.

Полученные данные обработаны с применением методов описательной статистики. Различия считались достоверными при вероятности не менее 95 % ($p < 0,05$).

Результаты исследования

За отчетный период на хозяйственных объектах Курганской области расследованы и зарегистрированы связанные с производством 210 несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями. В целом ситуация в сфере охраны

труда на предприятиях характеризуется уменьшением производственного травматизма с каждым последующим годом. Данные о составе, структуре и динамике данного показателя представлены в табл. 1.

Определено, что наибольший удельный вес в структуре расследованных несчастных случаев на производстве в Курганской области на протяжении 2013—2017 гг. занимают тяжелые несчастные случаи. Их удельный вес в среднем за анализируемый период составляет 71,4 % (самое высокое значение в 2017 г. — 80 %). Удельный вес расследованных несчастных случаев с летальным исходом в среднем за период 2013—2017 гг. составил 24 % (самое высокое значение в 2013 г. — 31 %), групповых несчастных случаев 4,8 % (самое высокое значение в 2013 г. — 8 %).

При выявлении причин несчастных случаев на предприятиях за анализируемый период было определено, что наибольший вклад вносит неудовлетворительная организация производства работ — 44,1 %. Значительная доля несчастных случаев происходит по "Прочим причинам", квалифицированным по материалам расследования несчастных случаев и по причине "Нарушение правил дорожного движения", соответственно 26,3 % и 10 % (табл. 2).

Выявлено, что основными видами производственных травм за отчетный период явились:

- 1) воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и защемление между движущимися и неподвижными деталями, машинами, что составляет 40 % от общего числа несчастных случаев на производстве;
- 2) падение пострадавшего с высоты, что составляет 10 %;
- 3) транспортные происшествия, что составляет 16,8 % от общего числа несчастных случаев на производстве.

Помимо этого, в ходе исследования было определено, что самой травмоопасной отраслью экономики являются объекты обрабатывающего производства, на которую приходится до 40 % от

Таблица 1

Состав и структура несчастных случаев на производстве в Курганской области в 2013—2017 гг.

Показатель	2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		Достоверность P
	Число	Удельный вес, %	Число	Удельный вес, %	Число	Удельный вес, %	Число	Удельный вес, %	Число	Удельный вес, %	
Несчастные случаи, всего	61	100	51	100	37	100	31	100	30	100	0,04
в том числе:											
групповых	5	8	2	3,9	2	5,4	0	0	2	6,6	0,05
тяжелых	37	61	39	77	24	65	23	74	24	80	0,02
с летальным исходом	19	31	10	20	11	30	8	26	4	13	0,04



Таблица 2

**Причины несчастных случаев
на предприятиях Курганской области и 2013—2017 гг.**

Причина	Удельный вес, %
Конструктивные недостатки и недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования	1,7
Неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории	1,6
Нарушение технологического процесса	1,7
Нарушение правил безопасности при эксплуатации транспортных средств	1,7
Нарушение правил дорожного движения	10,0
Неудовлетворительная организация производства работ	44,1
Неудовлетворительное содержание рабочих мест	1,7
Недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда	4,9
Отсутствие средств индивидуальной защиты	3,2
Использование пострадавшего не по специальности	1,7
Прочие причины	26,3

общего числа несчастных случаев на производстве, в том числе со смертельным исходом. Вместе с тем в данной отрасли из года в год наблюдается положительная тенденция в отношении снижения количества летальных исходов, как и на предприятиях сельского, лесного хозяйства и рыбоводства. Основной причиной вышеуказанных несчастных случаев на производстве явилась "Неудовлетворительная организация производства работ".

Положительная тенденция наблюдается также в снижении производственного травматизма с тяжелым исходом в такой отрасли экономики как "Торговля оптовая и розничная", а также "Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение". Вместе с тем усугубляется ситуация производственного травматизма с тяжелым исходом в административной деятельности, на предприятиях водоснабжения, водоотведения и организациях сбора и утилизации отходов.

Таким образом, в 2013—2017 гг. на территории Курганской области отмечался рост несчастных случаев на предприятиях, относящихся к субъектам среднего предпринимательства таких отраслей экономики, как "Транспортировка и хранение" и "Обрабатывающие производства". В целом ситуацию по Курганской области в отношении данного показателя можно оценить как стабильную.

Основными причинами производственного травматизма явились организационные причины, т. е. неудовлетворительная организация

производства работ, выразившаяся в ненадлежащем контроле над безопасным производством работ и в допуске работников к выполнению работ без обучения безопасным методам.

Исходя из проведенного анализа ситуации в сфере охраны труда, рекомендуется осуществлять комплекс мероприятий по профилактике производственного травматизма.

1. Усиление контроля за качеством обучения работников безопасным методам производства работ, их стажировки и инструктажей.

2. Работа по соблюдению требований законодательства Российской Федерации об охране труда в рамках проведения различного рода семинаров-совещаний, в ходе публичных обсуждений правоприменительной практики.

3. Плановые и внеплановые проверки соблюдения требований законодательства о труде.

4. Ведение систематического анализа производственного травматизма на всех уровнях управления охраной труда, принятие мер по устранению и недопущению травматизма, оказание методической помощи работодателям.

5. Ведение систематического анализа производственного травматизма вне зависимости от степени тяжести травмы и продолжительности нетрудоспособности пострадавшего, используя при этом монографический, топографический и статистические методы анализа, принятие незамедлительных мер по устранению и недопущению травматизма.

6. Обязательное практическое проведение всех видов инструктажей, обучения и стажировки по методам безопасного производства работ.

Заключение

Профилактика производственного травматизма представляет собой приоритетную задачу в области охраны труда, решение которой направлено на снижение уровня профессиональных заболеваний, оценку риска и создание оптимальных условий труда работников.

В 2013—2017 гг. в Курганской области наблюдается стабильная ситуация по уровню несчастных случаев на производстве, включая производственный травматизм. Однако наблюдается негативная тенденция в некоторых отдельно взятых отраслях экономики и сохраняется довольно высокий уровень рассмотренных показателей (в том числе и несчастные случаи с летальным исходом) в целом по области. В связи с этим предложен комплекс профилактических мероприятий разных уровней охраны труда, направленный на поддержание высокого уровня здоровья работающих и предупреждение несчастных случаев.

Список литературы

1. **Беляева О. А.** Гигиена труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях Лесозаводска // *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* — 2015. — № 4. — С. 70–74.
2. **Брусенцов С. Г.** Роль охраны труда на производстве // *Концепт.* — 2015. — № 12. — С. 81–85.
3. **История** производственного травматизма и социального страхования в России / А. Н. Шабров, Г. И. Коршунов, З. Н. Черкай, Н. В. Мухина, Е. Б. Гридина. Актуальные проблемы горных наук. — 2012. — № 197. — С. 22–26.
4. **Осипова И. Н., Афанасьева С. И.** Состояние условий труда и профессиональной онкологической заболеваемости работающих в Приморском крае // *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* — 2012. — № 3. — С. 134–136.
5. **Рузаев С. Н., Сенчишак Т. И.** Контроль условий труда и производственного травматизма работающих Оренбургской области // *Молодой ученый.* — 2009. — № 12. — С. 88–90.
6. **Сухорукова Е. А.** Управление охраной труда преподавателей в образовательном учреждении // *Вестник ОмГТУ.* — 2014. — № 4. — С. 252–255.
7. **Измеров Н. Ф.** Оценка профессионального риска и управление им — основа профилактики в медицине труда // *Гигиена и санитария.* — 2006. — № 5. — С. 14–16.
8. **Условия, охрана труда и производственный травматизм в России** / Н. Ф. Измеров, Г. И. Тихонова, А. Н. Чуранова, Т. Ю. Горчакова. *Здравоохранение Российской Федерации.* — 2013. — № 1. — С. 3–7.
9. **Доклад** о человеческом развитии в Российской Федерации за 2013 г. / Под общ. ред. С. Н. Бобылева. — М.: ООО "РА ИЛЬФ", 2013. — С. 114–118.
10. **Производственный травматизм** как критерий профессионального риска / И. В. Бухтияров, Н. Ф. Измеров, Г. И. Тихонова, А. Н. Чуранова. *Проблемы прогнозирования.* — 2017. — № 5. — С. 140–49.
11. **Графкина М. В., Клиндух М. А.** Анализ производственного травматизма в Приморском крае // *XXI век. Техносферная безопасность.* — 2017. — № 4. — С. 19–25.
12. **Кузьмина О. В., Искакова А. К.** Снижение уровня производственного травматизма в исследуемой организации // *Молодой ученый.* — 2016. — № 26. — С. 55–58.
13. **Янчий С. В., Дегтярев Н. Д.** Анализ причин производственного травматизма в организации на основе применения статистического метода // *Молодой ученый.* — 2017. — № 4. — С. 95–100.
14. **Тихонова Г. И., Чуранова А. Н., Горчакова Т. Ю.** Производственный травматизм как проблема социально-трудовых отношений в России // *Проблемы прогнозирования.* — 2012. — № 3. — С. 103–118.
15. **Маслов Д. В., Еремеева О. П., Соснина Н. А.** Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в угольной промышленности в Приморском крае // *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* — 2014. — № 4. — С. 94–96.
16. **Фомин А. И., Малышева М. Н., Попов В. Б.** Анализ состояния производственного травматизма в Кузбассе при подземном способе добычи угля // *Вестник Научного центра.* — 2016. — № 4. — С. 66–73.

S. A. Musikhina, Associate Professor, e-mail: Ekatl3@gmail.com, Kurgan State University, **E. A. Musikhina**, Graduate Student, Doctor in Common Hygiene, Hygienic and Epidemiological Center in Kurgan Region, Kurgan

The Current State of the Problem of Occupational Injuries in the Enterprises of the Kurgan Region

The results of the analysis of information on accidents investigated and related to the production at the enterprises of the Kurgan Region for the reporting five-year period (2013–2017) are presented. The causes, level and structure of this indicator in all leading economic sectors have been studied. The statistics on the main types of occupational injuries. In order to prevent accidents and improve the health of workers, a set of preventive measures in the field of labor protection for the prevention of industrial injuries at various levels has been proposed.

Keywords: occupational injuries, accidents, labor protection, prevention

References

1. **Belyaeva O. A.** Gigena truda i professional'naya zabol'evаемость' na predpriyatiyah lesozavodsksa. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka.* — 2015. — No. 4. — P. 70–74.
2. **Brusencov S. G.** Rol' ohrany truda na proizvodstve. *Koncept.* — 2015. — No. 12. — P. 81–85.
3. **Istoriya** proizvodstvennogo travmatizma i social'nogo strahovaniya v Rossii / A. N. Shabrov, G. I. Korshunov, Z. N. Cherkaj, N. V. Muhina, E. B. Gridina. *Aktual'nye problemy gornyh nauk.* — 2012. — No. 197. — P. 22–26.
4. **Osipova I. N., Afnas'eva S. I.** Sostoyanie uslovij truda i professional'noj onkologicheskoy zabol'evаемости rabotayushchih v Primorskom krae. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka.* — 2012. — No. 3. — P. 134–136.
5. **Ruzaev S. N., Senchishak T. I.** Kontrol' uslovij truda i proizvodstvennogo travmatizma rabotayushchih Orenburgskoy oblasti. *Molodoj uchenyj.* — 2009. — No. 12. — P. 88–90.
6. **Suhorukova E. A.** Upravlenie ohranoj truda prepodavatelej v obrazovatel'nom uchrezhdenii. *Vestnik OmGTU.* — 2014. — No. 4. — P. 252–255.
7. **Измеров Н. Ф.** Оценка professional'nogo riska i upravlenie im — osnova profilaktiki v medicine truda. *Gigena i sanitariya.* — 2006. — No. 5. — P. 14–16.
8. **Usloviya**, ohrana truda i proizvodstvennyj travmatizm v Rossii / N. F. Izmerov, G. I. Tihonova, A. N. Churanova, T. Yu. Gorchakova. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii.* — 2013. — No. 1. — P. 3–7.
9. **Doklad** o chelovecheskom razvitii v Rossijskoj Federacii za 2013 g. Pod obshch. red. S. N. Bobileva. Moscow: ООО "РА ИЛЬФ", 2013. — P. 114–118.
10. **Proizvodstvennyj travmatizm** kak kriterij professional'nogo riska / I. V. Buhtiyarov, N. F. Izmerov, G. I. Tihonova, A. N. Churanova. *Problemy prognozirovaniya.* — 2017. — No. 5. — P. 140–49.
11. **Графкина М. В., Клиндух М. А.** Analiz proizvodstvennogo travmatizma v Primorskom krae. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'.* — 2017. — No. 4. — P. 19–25.
12. **Kuz'mina O. V., Iskakova A. K.** Snizhenie urovnya proizvodstvennogo travmatizma v issleduemoj organizacii. *Molodoj uchenyj.* — 2016. — No. 26. — P. 55–58.
13. **Yanchij S. V., Degtyarev N. D.** Analiz prichin proizvodstvennogo travmatizma v organizacii na osnove primeneniya statisticheskogo metoda. *Molodoj uchenyj.* — 2017. — No. 4. — P. 95–100.
14. **Tihonova G. I., Churanova A. N., Gorchakova T. Yu.** Proizvodstvennyj travmatizm kak problema social'no-trudovyh otnoshenij v Rossii. *Problemy prognozirovaniya.* — 2012. — No. 3. — P. 103–118.
15. **Maslov D. V., Eremeeva O. P., Sosnina N. A.** Sostoyanie uslovij truda i professional'noj zabol'evаемости v ugol'noj promyshlennosti v Primorskom krae. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka.* — 2014. — No. 4. — P. 94–96.
16. **Fomin A. I., Malysheva M. N., Popov V. B.** Analiz sostoyaniya proizvodstvennogo travmatizma v Kuzbasse pri podzemnom sposobe dobychi uglja. *Vestnik Nauchnogo centra.* — 2016. — No. 4. — P. 66–73.

С. В. Копин, канд. техн. наук, науч. сотр., e-mail: mobil111@mail.ru,
 Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины
 Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург

Устройство для принудительного проветривания рабочих зон

В статье приводится описание конструкции устройства для принудительного проветривания рабочих зон. Рассматриваются условия применения и использования устройства. Рекомендованные режимы эксплуатации устройства для проветривания рабочих зон позволяют нормализовать газопылевоздушную обстановку на рабочих местах персонала.

Ключевые слова: местная вентиляция, скорость воздуха, факел всасывания, поле скоростей, рабочая зона

Проблема эффективного проветривания рабочих зон занимает важное место при решении задач обеспечения безопасности персонала промышленных предприятий [1, 2]. Актуальность выбора оптимальной конструкции устройства для проветривания рабочих зон определяется наличием возросших требований к вентиляции мест компактного выделения вредных и (или) опасных веществ (пыли и газа), воздействие которых негативно влияет на здоровье работников и окружающую среду.

Описываемое устройство для принудительного проветривания рабочих зон (далее устройство) позволяет нормализовать газопылевоздушную обстановку с помощью средств местной вентиляции. На устройство получено свидетельство об интеллектуальной собственности в виде патента Российской Федерации [3].

Общий вид устройства в основном и аварийном режимах эксплуатации представлен на рис. 1. Элементы устройства — телескопическая пара труб и средство переключения режимов вентиляции в основном и аварийном режимах эксплуатации показаны на рис. 2 и 3.

Устройство (см. рис. 1) имеет основной 1 (для отбора загрязненного воздуха из места проветривания) и вспомогательный 2

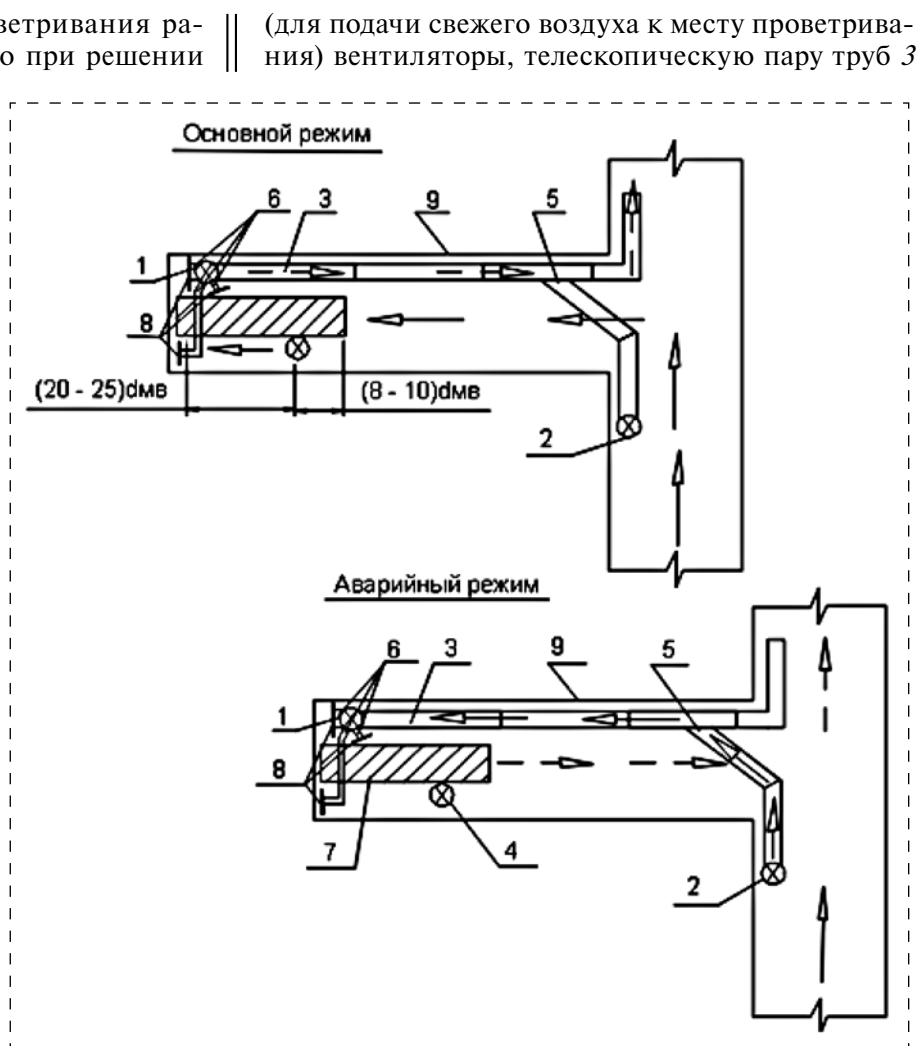


Рис. 1. Общий вид устройства для принудительного проветривания рабочих зон в основном и аварийном режимах эксплуатации:

1 — основной вентилятор; 2 — вспомогательный вентилятор; 3 — телескопическая пара гибких воздуховодов; 4 — маломощный вентилятор; 5 — средство переключения режимов вентиляции; 6 — патрубки для отбора воздуха; 7 — технологическое оборудование; 8 — насадки; 9 — рабочая зона

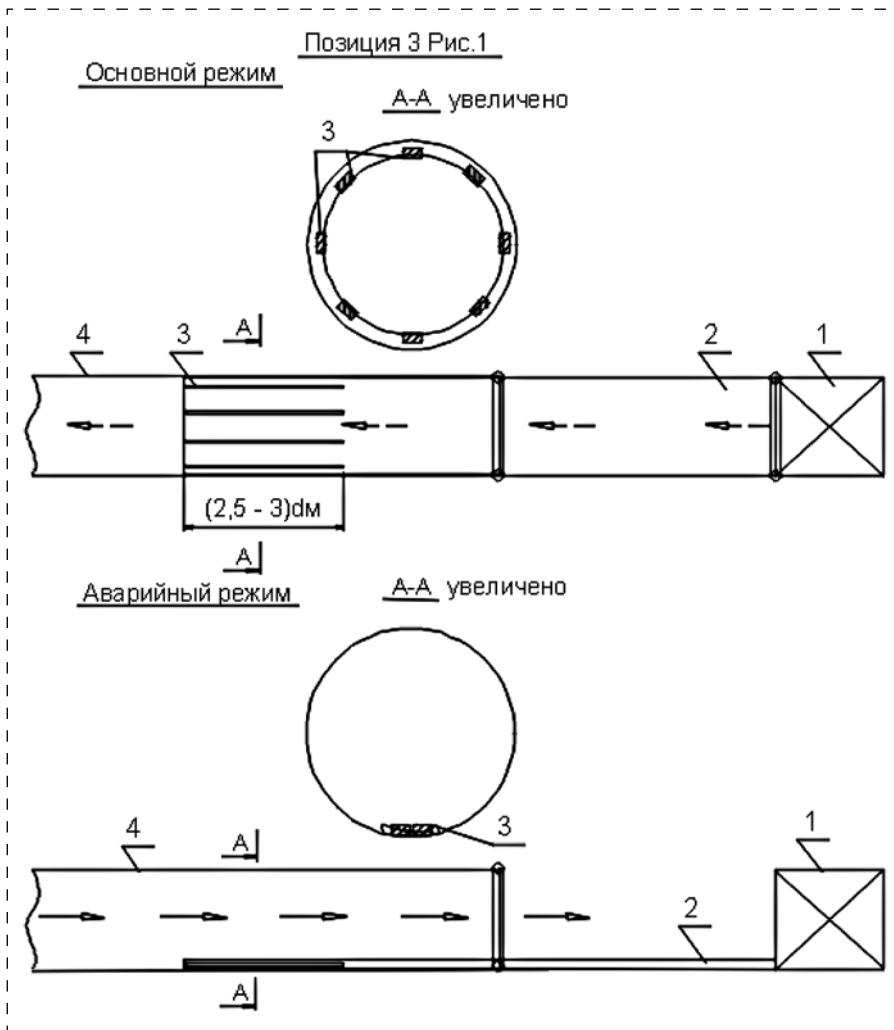


Рис. 2. Телескопическая пара труб в основном и аварийном режиме эксплуатации:
 1 — основной вентилятор; 2 — внутренний гибкий воздуховод телескопической пары; 3 — жесткие элементы; 4 — внешний гибкий воздуховод телескопической пары

для исключения подачи свежего воздуха через неработающий вентилятор в режиме аварийного проветривания, маломощный вентилятор 4 для управления потоками воздуха в месте проветривания, средство переключения режимов вентиляции 5 и систему рассредоточенной аспирации — патрубки для отбора воздуха 6.

Схема проветривания устройства предполагает его работу в двух режимах — рабочем и аварийном, в условиях значительного загромождения проветриваемого пространства оборудованием (фактически перегородками), отделяющей места размещения маломощного и основного вентиляторов.

Основной вентилятор 1 оборудован системой рассредоточенной аспирации 6 в виде патрубков (отводов) для отбора воздуха из трех точек с насадками, установленными на его всасывающем отверстии. Система рассредоточенной

аспирация 6 предназначена для защиты рабочих зон от потоков загрязненного воздуха со значительным содержанием вредных и опасных веществ (пыли и газа), при выполнении операций основного цикла работ.

Принцип защиты зоны дыхания персонала от вредных и опасных химических веществ основан на предотвращении их распространения от мест выделения за счет создания рассредоточенных зон отбора загрязненного воздуха на пути его движения.

Маломощный вентилятор 4 (см. рис. 1) осуществляет функцию перераспределения воздушных потоков в месте проветривания совместно с основным вентилятором 1. При этом образующаяся газопылевоздушная смесь с высоким содержанием вредных компонентов от мест их выделения отсасывается потоком воздуха, создаваемым маломощным вентилятором, на правую сторону от перегородки или оборудования, минуя рабочую зону персонала. В то же время струя воздуха от маломощного вентилятора создает разрежение перед его всасывающим отверстием, что позволяет увеличить расход подаваемого на проветривание рабочей зоны воздуха за счет его перераспределения по сечению

помещения. Расстояние размещения маломощного вентилятора рекомендуется принимать согласно указанным значениям, приведенным на рис. 1 в зависимости от диаметра его приводного патрубка ($d_{мв}$). Вспомогательный вентилятор 2 размещается в месте, исключающем попадание вредных веществ в подаваемый к месту проветривания воздух.

Наибольшая эффективность от применения устройства достигается при выделении основной части пыли и газа в месте, наиболее удаленном от источника поступления свежего воздуха [4].

При эксплуатации устройства всасывающий способ проветривания используется как основной режим работы. Устройство работает следующим образом: два вентилятора — основной 1 (всасывающий) и вспомогательный 2 (нагнетательный) подключены к единому ставу гибких воздуховодов, но работают попеременно. Основной режим

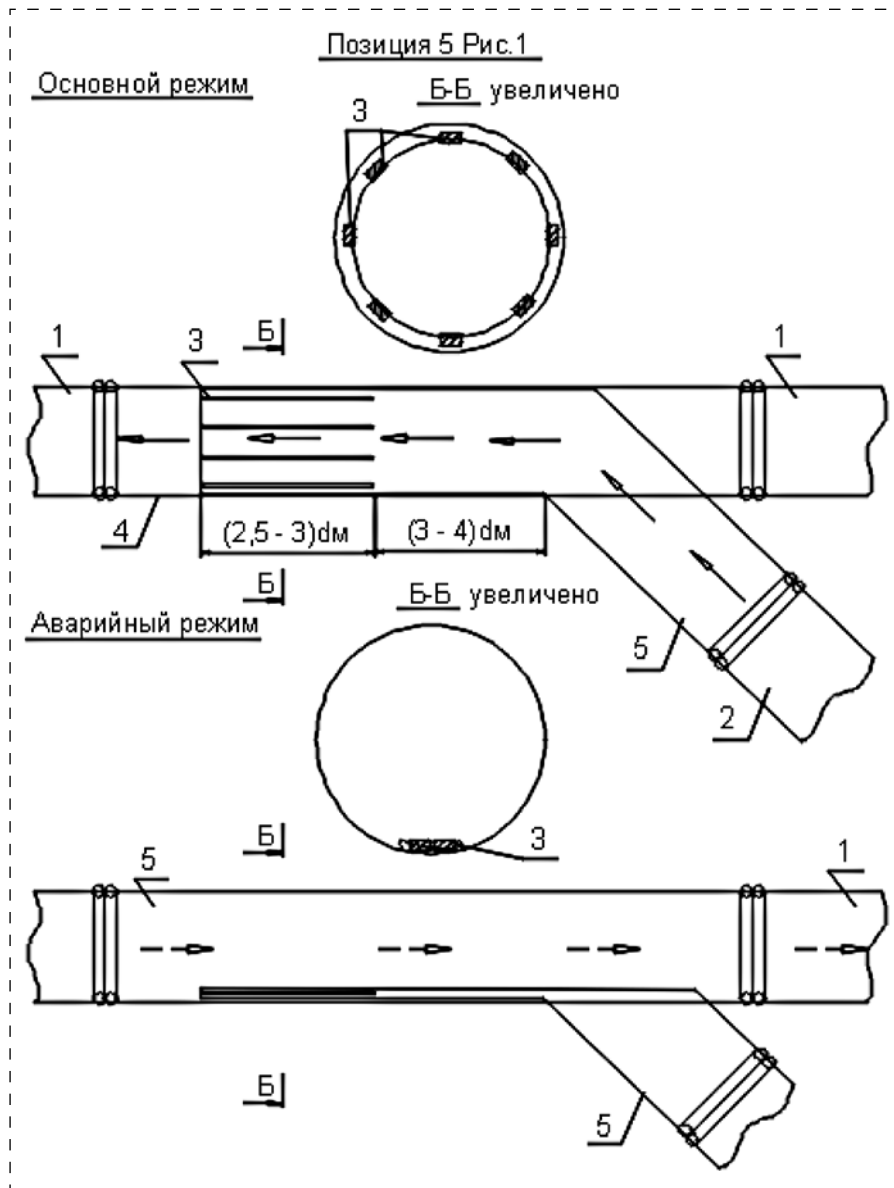


Рис. 3. Средство переключения режимов вентиляции в основном и аварийном режиме эксплуатации:

1 — магистральный гибкий воздуховод; 2 — отвод; 3 — жесткие элементы; 4 — внешний гибкий воздуховод средства переключения режимов вентиляции; 5 — внутренний гибкий воздуховод средства переключения режимов вентиляции

проветривания осуществляется основным вентилятором 1. Вспомогательный вентилятор 2 включается в аварийных ситуациях (см. рис. 1).

Для обеспечения перемещения основного вентилятора (закрепленного на технологическом оборудовании) и автоматического изменения движения воздуха при переходе от всасывающего режима к нагнетательному (и наоборот) в устройстве используются: телескопическая пара гибких воздуховодов 3 и средство переключения режимов вентиляции 5. Повысить безопасность работы устройства позволяет наличие жестких

элементов 3 (см. рис. 2). Использование этих элементов позволяет обеспечить проветривание в аварийном режиме, не используя в системе подачи свежего воздуха в рабочую зону основной неработающий вентилятор 1. Расстояние размещения и длину жестких элементов рекомендуется принимать согласно указанным значениям, приведенным на рисунке в зависимости от диаметра магистрального воздуховода (d_m).

В случае необходимости конструкция узла устройства позволяет автоматически перемещать основной вентилятор (при движении технологического оборудования) на длину внешнего гибкого воздуховода телескопической пары 3 путем вытягивания ее внутреннего гибкого воздуховода.

Уплотнение внутреннего и внешнего гибких воздуховодов телескопической пары достигается за счет депрессии, создаваемой основным вентилятором. Дальнейшее увеличение длины магистрального гибкого воздуховода возможно за счет установки стандартной секции на конец внешнего гибкого воздуховода и протягивания на полную длину внутреннего гибкого воздуховода телескопической пары.

Автоматическое изменение движения воздуха при переходе от всасывающего режима к нагнетательному в средстве переключения режимов вентиляции осуществляется также за счет наличия жестких элементов. Эти элементы под действием силы

тяжести прижимаются вниз, а их расположение и крепление с заделкой к внутренней поверхности внутреннего гибкого воздуховода телескопической пары 4 или внутреннего гибкого воздуховода средства переключения режимов вентиляции 5 позволяет плотно перекрывать сечение магистрального гибкого воздуховода 1 или отвода 2 в зависимости от режима использования (см. рис. 3).

Надежность эксплуатации элементов рассматриваемого устройства: телескопической пары гибких воздуховодов и средства переключения режимов вентиляции составила один отказ на

тысячу переключений [4]. Потери депрессии вентилятора в среднем для основного (всасывающего) режима составили: телескопической пары гибких воздухопроводов — 490 Па; средства переключения режимов вентиляции — 294 Па. При использовании вспомогательного режима вентиляции, соответственно — 588 Па и 392 Па. Общая депрессия для длины воздуховода, равной 200 м, при установке основных элементов устройства составляла 3050 Па [4].

Система рассредоточенного размещения патрубков для отбора воздуха устройства *б* (см. рис. 1) включает воздухозаборные отводы 2 (см. рис. 3), соединенные через коллектор с отсасывающим вентилятором. Количество отводов рекомендуется принимать в зависимости от числа источников выделения вредных примесей (пыли и/или газа).

Расчет параметров системы рассредоточенной аспирации выполняется в соответствии со стандартной методикой [5, 6]. Методика расчета включает выбор воздухопроводов, расчет параметров воздухозаборных патрубков, расчет потери давления и объема отбираемого воздуха через систему аспирации и расчет параметров устройства всасывания. Аэродинамическая система элементов аспирации, представляющая собой вид параллельно-последовательного соединения ветвей, представлена на рис. 4.

Ветвь AR1B, AR2B, AR3B соответствует трем отводам для отбора воздуха *б* (см. рис. 1), соединенным последовательно с системой аспирации и вентилятором, а затем с магистральным трубопроводом. Потери давления системы определяются в соответствии со стандартными рекомендациями [5, 7].

Для повышения эффективности забора загрязненного воздуха на отводах воздухозаборных патрубков используется насадка. Основные параметры конструкции насадки разработаны с помощью программного комплекса STAR-CCM+ компании CD-adapco на основе методов вычислительной механики сплошных сред с использованием последних технологий создания программного обеспечения [8, 9]. На конструкцию насадки было получено свидетельство об интеллектуальной собственности в виде патента РФ [10].

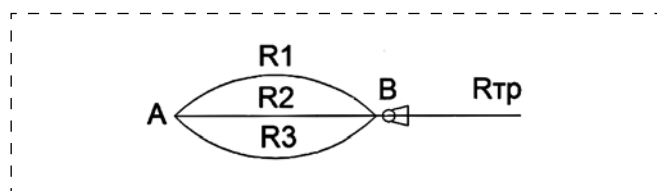


Рис. 4. Аэродинамическая система элементов аспирации

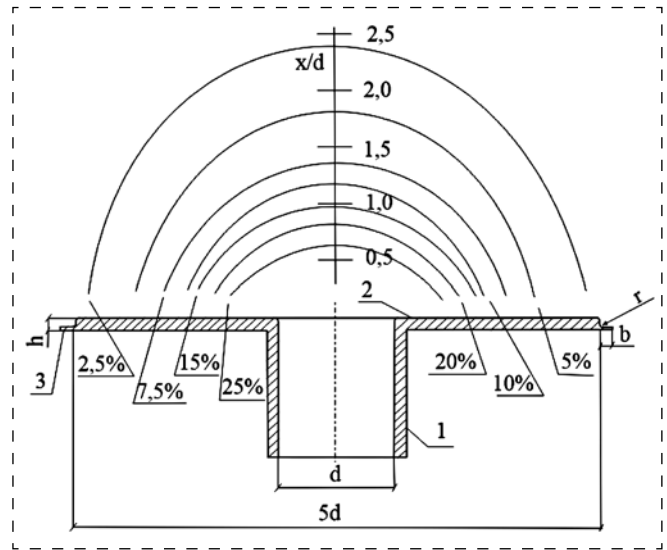


Рис. 5. Распределение поля скоростей спектра всасывания насадки в виде плоского фланца с кромкой сложной конструкции и ее основные конструктивные размеры:

1 — воздухоотводящий патрубок; 2 — воздухозаборная поверхность насадки; 3 — кромка насадки

Конструктивные особенности всасывающей насадки указаны на рис. 5. Здесь же в графическом виде представлено изменение поля скоростей факела всасывания на расстоянии x в относительных единицах (x/d).

Основная приемная площадь 2 насадки имеет форму плоского фланца со сложной кромкой 3 с отношением диаметров d патрубка 1 и самого фланца в интервале значений от 3 до 5 раз, в зависимости от наличия свободного пространства для ее размещения. Заданная форма кромки фланца ($h/b = 1$) и значение радиуса закругления r ($r/d = 0,09$) позволяют оптимизировать аэродинамическую модель конструкции.

При использовании насадки увеличивается дальность факела всасывания в 2—2,2 раза. Наибольший эффект от применения насадки достигается при расстоянии практического размещения насадок в промышленности до источника выделения вредных веществ в пределах от 0,5 до 1,5 диаметров воздуховода [5, 11].

Расчет спектра всасывания заключается в определении скорости воздуха всасывающих патрубков на различных расстояниях от входного сечения. Значения скорости всасывания воздуха должны быть равны или больше скорости его движения в помещении. За границу газопылевого облака следует принимать расстояние от всасывающего отверстия, равное 0,4...0,6 м. На этом расстоянии скорость движения воздуха на границе газопылевого облака следует принимать не менее 0,45 м/с и не более 2 м/с [5, 7, 11].



Скорость воздуха на расстоянии x от всасывающего отверстия определяют по формуле [9]

$$v_x = v_0 e^{n\left(\frac{x}{d}\right)}, \quad (1)$$

где n — эмпирический коэффициент ($n = 2,34$ при $x/d \leq 1$; $n = 2,59$ при $x/d > 1$); d — диаметр патрубка насадки, м; x — расстояние от всасывающего отверстия, м; v_x — скорость воздуха на расстоянии x от всасывающего отверстия, м/с; v_0 — скорость воздуха в плоскости всасывающего отверстия, м/с.

Математическая зависимость описывает основные изменения поля скоростей на расстоянии x от плоскости всасывающего отверстия в относительных единицах.

В качестве мало мощного вентилятора рекомендуется использовать любой осевой вентилятор. Техническая характеристика принятого в рассматриваемом устройстве осевого вентилятора представлена в табл. 1.

Мало мощный вентилятор рекомендуется устанавливать в зависимости от диаметра его приводного патрубка по длине боковой поверхности оборудования (см. рис. 1), на высоте не менее 1,2...1,4 м от пола и ориентировать нагнетательной стороной в направлении рабочей зоны персонала под углами от оси помещения:

- в горизонтальной плоскости — 80...90°;
- в вертикальной плоскости — 90...100°.

Расчет расхода воздуха мало мощного вентилятора производится в зависимости от расхода воздуха, поступающего в помещение, и оптимальной скорости движения воздуха в рабочей зоне [4].

Расчет дебита мало мощного вентилятора по расходу воздуха в помещении осуществляется по формуле [4]

$$Q_{\text{МВ}} = 0,39 e^{(0,4Q_{\text{п}})}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{п}}$ — расход воздуха в помещении, м³/с.

Таблица 1

Техническая характеристика осевого вентилятора

Показатели	Значения
Диаметр приводного патрубка, мм	400
Частота вращения, мин ⁻¹	1500
Диапазон использования:	
максимальная подача воздуха $Q_{\text{МВ}}$, м ³ /с	1,75
давление, Па	800
Мощность электродвигателя, кВт	0,75
Габариты ДШВ, мм	300×450×450
Масса агрегата, кг	32

Таблица 2

Углы установки направляющих лопаток и соответствующие им дебиты мало мощного вентилятора

Углы установки направляющих лопаток β , °	Дебит мало мощного вентилятора $Q_{\text{МВ}}$, м ³ /с
5	0,25
15	0,6
25	0,9
35	1,3
45	1,75

Зависимость скорости движения воздуха в рабочей зоне персонала от дебита мало мощного вентилятора определяется по формуле [4]

$$v_{\text{рз}} = 0,12 e^{(1,68Q_{\text{МВ}})}. \quad (3)$$

Регулировка дебита мало мощного вентилятора осуществляется изменением угла поворота направляющих лопаток его ротора. Углы установки направляющих лопаток и соответствующие им дебиты мало мощного вентилятора приведены в табл. 2.

Оптимальную скорость движения воздуха в рабочей зоне рекомендуется принимать из интервала 0,45...0,9 м/с [5—7].

На рис. 6 представлена зависимость изменения скорости движения воздуха в рабочей зоне от дебита мало мощного вентилятора.

На рис. 7 и 8 в графическом виде представлены соответственно данные опытно-промышленных испытаний применения разработанного устройства для мест компактного выделения пыли и сероводорода на рабочих местах персонала. Изменения запыленности воздуха (кривые 1 и 2)

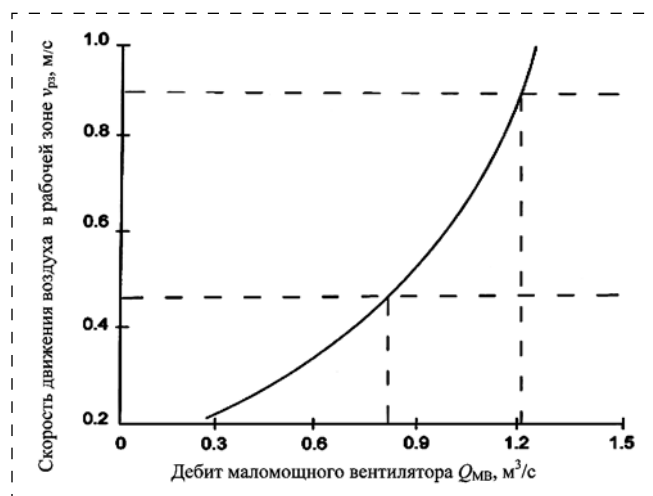


Рис. 6. Зависимость изменения скорости движения воздуха в рабочей зоне от дебита мало мощного вентилятора

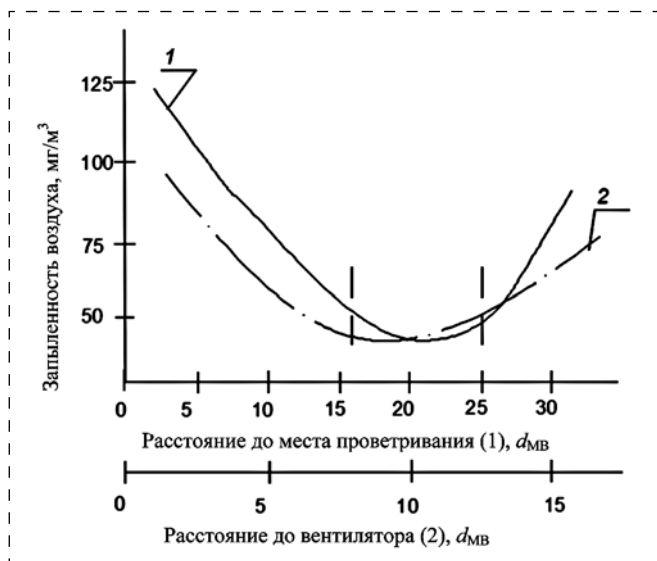


Рис. 7. Зависимость изменения запыленности воздуха от положения мало мощного вентилятора

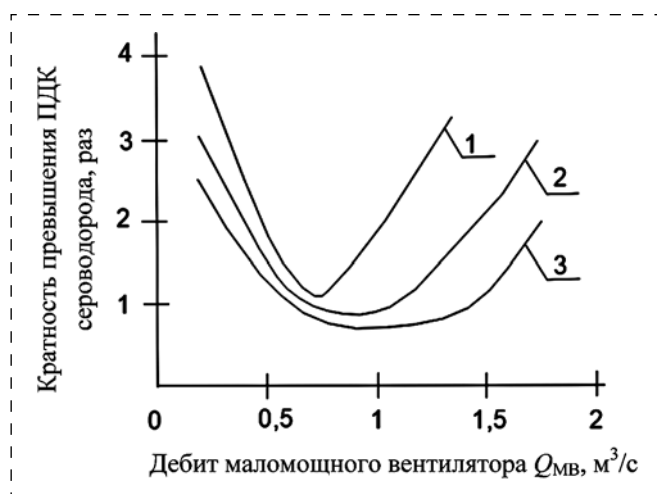


Рис. 8. Зависимость изменения кратности превышения ПДК сероводорода от дебита мало мощного вентилятора: 1 — при расходе воздуха в помещении 1,45 м³/с; 2 — при расходе воздуха в помещении 2,3 м³/с; 3 — при расходе воздуха в помещении 3,2 м³/с

приведены в зависимости от положения мало мощного вентилятора. Расстояние размещения мало мощного вентилятора приведено в зависимости от диаметра его приводного патрубка ($d_{мв}$). Применение устройства для проветривания рабочих зон позволило снизить содержание пыли на рабочих местах персонала в 3—4 раза (см. рис. 7), т. е. практически до фоновых значений запыленности воздуха (18...33 мг/м³) [4], поступающего на проветривание.

Фоновые уровни запыленности воздуха рабочей зоны определялись в основном по количеству пыли, образующейся в результате взметывания со

стенок и пола помещения осевшей ранее пыли при периодическом движении транспортных средств.

Содержание вредного вещества (в рассматриваемом случае сероводорода) в воздухе рабочей зоны, при расходе воздуха в помещении равном 3,2 м³/с (кривая 3), снизилось в 5—6 раз, т. е. до 0,65 ПДК (см. рис. 8).

Таким образом, устройство для принудительного проветривания рабочих зон позволяет нормализовать газопылевоздушную обстановку на рабочих местах персонала средствами местной вентиляции, а именно снизить содержание в воздухе рабочей зоны вредного газа (сероводорода) до ПДК и пыли в 4 раза. Наибольшая эффективность применения рассмотренного устройства достигается при компактном выделении вредных веществ непосредственно в зоне ведения работ.

Список литературы

1. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. Boca Raton: CRC Press. — 2015. — 576 p.
2. Корюкаев Ю. С. Справочник по вентиляции и безопасности воздушной среды на производстве. — СПб.: Издание ЗАО "СовПлим", 2013. — 89 с.
3. Пат. 173064 Россия, F21F 1/08. Устройство для принудительного проветривания рабочих зон / С. В. Копин; заявитель и патентообладатель ФГУП НИИ ПММ; заявл. 16.06.2016; опубл. 08.08.2017. 2 с. Бюл. № 22.
4. Копин С. В. Разработка способов нормализации атмосферы тупиковых выработок средствами вентиляции при проходке их комбайнами: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01 Ленингр. горный ин-т. — Ленинград, 1991. — 25 с.
5. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция / В. Н. Богословский и др.; под ред. В. Н. Богословского. — М.: Стройиздат, 1976. — 439 с.
6. Логачев И. Н., Логачев К. И., Аверкова О. А. Энергосбережение в аспирации. Москва—Ижевск: РХД, 2013. — 504 с.
7. Logachev I. N., Logachev K. I. Industrial air quality and ventilation: controlling dust emissions. — Boca Raton: CRC Press, 2014. — 417 p.
8. Копин С. В. Оптимизация конструкции кромки насадки конечного патрубка системы местной вентиляции методом компьютерного моделирования // Вестник гражданских инженеров. — 2016. — № 1 (54). — С. 108—112.
9. Копин С. В. Закономерности формирования спектра всасывания насадки в виде плоского фланца с кромкой специальной конструкции // Безопасность труда в промышленности. — 2016. — № 7. — С. 69—72.
10. Пат. 162562 Россия, F24F 7/06 B08B 15/00. Всасывающая плоская насадка / С. В. Копин; заявитель и патентообладатель ФГУП НИИ ПММ; заявл. 16.11.2015; опубл. 20.06.2016. 2 с. Бюл. № 17.
11. Аверкова О. А., Логачев И. Н., Логачев К. И. Отрывные течения в спектрах вытяжных каналов. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. — 288 с.



S. V. Kopin, Research Associate, e-mail: mobil1111@mail.ru, Research Institute of Industrial and Marine Medicine of Federal Medical-Biological Agency, Saint-Petersburg

The Device for Forced Ventilation of Work Areas

The main purpose of applying local ventilation in an enterprise is to remove harmful impurities released during the execution of technological operations at the place of their formation.

An important factor determining the ventilation efficiency of the working areas of industrial buildings is the maximum limitation of the distribution of hazardous chemicals released from process equipment, for which a system of local suction is used, combined into a network of routes separated from the general ventilation flow that ensures the transportation of polluted air to its treatment points before release to the atmosphere. The amount of harmful substances can be localized before they are distributed throughout the premises of the enterprise, largely depends on the concentration of harmful substances in the workplace staff.

The article describes the design of the device for forced ventilation of work areas. The conditions of application and use of the device are considered. The recommended modes of operation of the device for airing work areas allows you to normalize the gas-dust-air situation in the workplaces of staff.

Keywords: local ventilation, air velocity, torch of absorption, velocity field, work area

References

1. **Logachev I., Logachev K., Averkova O.** Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. Boca Raton: CRC Press, 2015. 576 p.
2. **Koryukaev Yu. S.** Spravochnik po ventilyacii i bezopasnosti vozduшной sredy na proizvodstve. — Saint-Petersburg: Izdanie ZAO SovPlim, 2013. 89 p.
3. **Pat. 173064 Rossiya**, F21F 1/08. Ustrojstvo dlya prinuditel'nogo provetrivaniya rabochih zon / S. V. Kopin; zayavitel' i patentoobladatel' FGUP NII PMM; zayavl. 16.06.2016; opubl. 08.08.2017. 2 p. Bul. No. 22.
4. **Kopin S. V.** Razrabotka sposobov normalizacii atmosfery tupikovyh vyrabotok sredstvami ventilyacii pri prohodke ih kombajnami: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk: 05.26.01. Leningradskij gornij institut. Leningrad, 1991. 25 p.
5. **Otoplenie i ventilyaciya:** uchebnik dlya vuzov. V 2-h ch. Ch. 2. Ventilyaciya / V. N. Bogoslovskij [i dr.]; pod red. V. N. Bogoslovskogo. Moscow: Strojizdat, 1976. 439 p.
6. **Logachev I. N., Logachev K. I., Averkova O. A.** Energoberezhenie v aspiracii. Moscow—Izhevsk: RHD, 2013. 504 p.
7. **Logachev I. N., Logachev K. I.** Industrial air quality and ventilation: controlling dust emissions. Boca Raton: CRC Press, 2014. 417 p.
8. **Kopin S. V.** Optimizaciya konstrukcii kromki nasadki konechnogo patrubka sistemy mestnoj ventilyacii metodom komp'yuternogo modelirovaniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2016. No. 1 (54). P. 108—112.
9. **Kopin S. V.** Zakonomernosti formirovaniya spektra vsasyvaniya nasadki v vide ploskogo flanca s kromkoj special'noj konstrukcii. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2016. No. 7. P. 69—72.
10. **Patent 162562 Rossiya**, F24F 7/06 B08B 15/00. Vsasyvayushchaya ploskaya nasadka/ S. V. Kopin; zayavitel' i patentoobladatel' FGUP NII PMM; zayavl. 16.11.2015; opubl. 20.06.2016. 2 p. Bul. No. 17.
11. **Averkova O. A., Logachev I. N., Logachev K. I.** Otryvnye techeniya v spektrah vytyazhnyh kanalov. Izevck: Institut komp'yuternyh issledovanij, 2012. 288 p.

Информация

Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень". Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 328, список от 24.07.19). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.

УДК 504.5

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

Адаптация серийных пластин мипласта к орошаемым насадкам воздухоохладителей кабин

Рассмотрен механизм увлажнения насадки из серийных пластин мипласта, предназначенной для водоиспарительных воздухоохладителей кабин самоходных машин. Выявлены причины их относительно низкой гигроскопичности и предложено конструктивное решение по устранению этого недостатка путем формирования пакета насадки из спаренных пластин мипласта, обращенных друг к другу ровными сторонами. Выявлены особенности работы насадки при орошении ее водой, содержащей растворенные соли. Показано, что в микрокапиллярах пластин при их высушивании твердые соли образоваться не могут и их кризис поэтому невозможен.

Предложено двухрежимное орошение насадки: основное — фитильное и дополнительное — кратковременное сверху ее фронтальной части для удаления оседающих на поверхности воздушных каналов частиц пыли и слоя соли после просушки насадки. Даны конструктивные предложения по доработке насадки и системы орошения для предотвращения выбросов из аппарата воды при динамическом воздействии на него в процессе эксплуатации. Отмечено, что при работе в режиме фитильного увлажнения пластин из-за дополнительного расхода теплоты обрабатываемого воздуха на преодоление энергии капиллярной связи влаги расчетная холодопроизводительность аппарата может быть достигнута при уменьшенном расходе испаряющейся воды.

Ключевые слова: водоиспарительное охлаждение, увлажняемая насадка, орошение, пластины из мипласта, гигроскопичность, капилляры, капиллярно-связанная влага, энергия связи, кризис капилляров, расход воды на испарение, режимы орошения

Введение

Одним из ключевых условий обеспечения надежности функционирования системы "человек—машина" является нормализация теплового состояния оператора с помощью установок кондиционирования воздуха (УКВ). В практике гражданского строительства применяются УКВ, использующие испарительное охлаждение воды [1]. Наиболее простыми из таких УКВ являются адиабатные увлажнители-воздухоохладители прямого действия.

Как указывается в публикации [2], качественное водоиспарительное охлаждение воздуха может быть достигнуто, если в орошаемом слое (насадке) использовать материал, обладающий хорошими показателями по смачиваемости и удержанию влаги, т. е. высокой гигроскопичностью. При этом требуется стабильность структуры орошаемых слоев, что достигается при использовании в них исходного материала с одинаковыми геометрическими формами, обуславливающими регулярную структуру насадок.

С этой целью здесь могут быть применены гофрированные пластмассовые сетки, сотовые пакеты из пропитанной синтетическим веществом бумаги, пластины из пластмассы и др. При сравнительных испытаниях слоев из различных

материалов, в том числе из пластин мипласта, последние показали худшие результаты по гигроскопичности, и по этой причине мипласт некоторые ученые [2] не рекомендуют использовать для насадок водоиспарительных УКВ. Вместе с тем это изделие заслуживает внимания с точки зрения использования его в транспортных УКВ по следующим причинам:

— по прямому назначению пластины из мипласта являются сепараторами аккумуляторных батарей самоходных машин и применение их в конструкции насадок воздухоохладителей кабин позволит выполнить требование по обеспечению их безаварийного функционирования в условиях тряски и вибрации;

— водоиспарительная орошаемая насадка регулярной структуры относится к компактным теплообменникам, особенностью которых является высокоразвитая поверхность в единице объема [3], что дает возможность выбирать их рациональное конструктивное решение для минимизации габаритных размеров, массы, аэродинамического сопротивления и др.;

— согласно ГОСТ Р 57326—2016/ISO/TR 14062:2002 "Экологический менеджмент. Интегрирование экологических аспектов в проектирование и разработку продукции" одним из важнейших требований при создании современных

конструкций является унификация путем использования в них освоенных промышленностью изделий, к которым с точки зрения применения в УКВ кабин относятся пластины из мипласта.

С учетом изложенного выше ставится задача изучить механизм увлажнения серийных пластин из мипласта, выявить причину их низкой гигроскопичности, разработать предложение по устранению этого недостатка, оценить их работу на засоленной воде и при наличии в воздухе пыли, а также рассмотреть возможность снижения расхода воды при испарительном охлаждении воздуха.

Повышение гигроскопических качеств насадки

Обладающие гигроскопическими свойствами материалы в практике сушки получили наименование капиллярно-пористых тел [3, 4]. В них различают сквозные и несквозные капилляры, сообщающиеся друг с другом и несообщающиеся, а также замкнутые капиллярные ячейки, отделенные от остальных пор тонкими перегородками — полупроницаемыми мембранами, т. е. проницаемыми для воды, но непроницаемыми для растворенных в ней солей.

Скорость насыщения тела пластины водой зависит от ее структурного строения. Если в нем относительно много замкнутых ячеек и несквозных капилляров, дном которых является перегородка этих ячеек, то это предопределяет замедленный характер процесса смачивания вследствие относительной вязкости диффузии воды через полупроницаемые перегородки. Отмеченное как раз и характерно для пластин мипласта, что обусловлено технологией их изготовления — спекание массы порошка из термопластичного материала при высокой температуре, т. е. создание монолитного пористого тела методом соединения составляющих его микрогранул путем оплавления их оболочки.

В качестве примера традиционного использования пластин мипласта в орошаемых слоях [2] на рис. 1 показана схема устройства насадки в охладителе кабины хлопководческого трактора [5]. Здесь использованы сепараторы аккумуляторных батарей с размерами $148 \times 144 \times 1,5$ мм при шаге выступов 12 мм. При толщине стенки $\delta = 0,8$ мм обеспечена ширина воздушных каналов $b_p = 0,7$ мм, идущих вдоль выступов по всей длине насадки 144 мм. Рабочая высота h пластин составляла 82 мм, а расстояние от уровня воды в поддоне до верха насадки ограничена величиной 100 мм по условию обеспечения насыщения насадки водой. Как следует из приведенных выше данных, увлажнение пластин насадки осуществляется за счет фитильного всасывания воды из поддона.

При относительно низкой скорости диффузии молекул воды время насыщения ею тела пластины зависит от протяженности пройденного пути

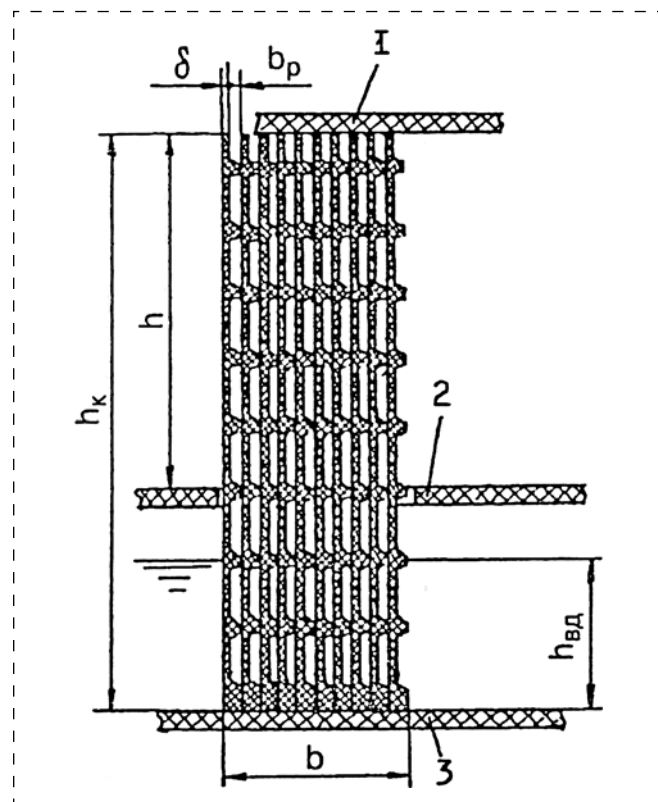


Рис. 1. Схема устройства водоиспарительной насадки укладкой пластин из мипласта рядами:

1 — крышка корпуса; 2 — перегородка поддона; 3 — дно поддона; δ — толщина стенки пластин; b_p — ширина воздушного канала; h — рабочая высота пластин; h_k — конструктивная высота пластин; b — ширина пакета насадки; $h_{вд}$ — высота уровня воды

этим молекулами. При фитильном увлажнении снизу путь от поверхности воды в поддоне до верхней части пластины, составляющий несколько десятков сантиметров, является достаточно протяженным, поэтому здесь и время насыщения тела пластин при работающем вентиляторе велико.

В телах с сообщающимися или со сквозными капиллярами механизм проникновения воды внутрь этих тел существенно отличается от рассмотренного. В макро- и микрокапиллярах после их частичного заполнения водой при непосредственном с ней контакте образуется вогнутый мениск. Он стремится уменьшить свою поверхность, что обуславливает создание в этом месте значительной силы, действующей на поверхность жидкости и стремящейся вытянуть ее в направлении сухой части тела пластины. Вследствие этого при сквозных или сообщающихся капиллярах процесс их наполнения влагой идет достаточно интенсивно, даже при значительной протяженности таких капилляров. Примером реальности воплощения указанного явления может служить движение сока снизу по древесному стволу вверх по всей его длине до десятков метров.

Следовательно, формирование сквозных капилляров в насадках с пластинами из минипласта следует считать необходимым, причем они должны быть открытыми по периметру пластин для обеспечения контакта с подпитывающей водой при любом направлении орошения — снизу, сверху или с фронтальной части насадки, что способствует универсальности их применения. В рассматриваемом случае пластины минипласта имеют выступы только с одной стороны, а другая сторона — ровная (псевдогладкая). Используя эту их конструктивную особенность, открытый макрокапилляр можно сформировать, если две пластины сложить плотно этими сторонами [6]. При этом раздача воды из такого сквозного открытого по периметру пластин макрокапилляра в микрокапилляры тела будет осуществляться по всей площади их ровных сторон, что благоприятно скажется на обеспечении необходимой равномерности смачивания и качественного наполнения влагой всего тела пластин. Микрокапиллярные же свойства самих пластин при такой их укладке сохраняются. На рис. 2 показана принципиальная схема устройства насадки из двоястных пластин минипласта.

Для оценки скорости увлажнения и способности накопления влаги в теле насадки были проведены соответствующие экспериментальные

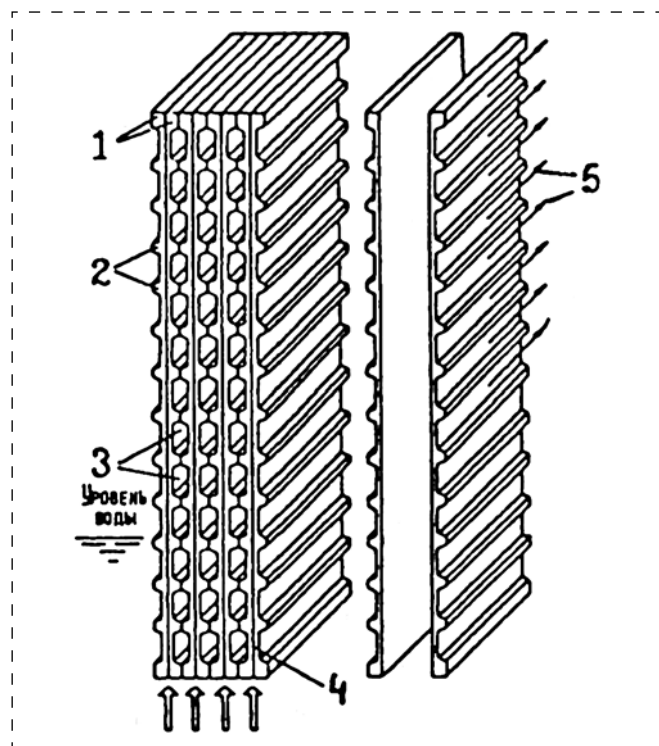


Рис. 2. Схема устройства водоиспарительной насадки повышенной влагоемкости:

1 — попарно сложенные ровными сторонами пластины минипласта; 2 — выступы пластин; 3 — воздушные каналы; 4 — макрокапиллярная щель; 5 — поток воздуха

исследования [6], показавшие, что для сухой насадки (см. рис. 1) для полного ее насыщения водой после включения подачи ее в поддон требуется 40 мин, а для насадки, приведенной на рис. 2, порядка 17 мин. При этом сухая насадка удерживает до 10 % влаги по отношению к сухой массе минипласта, а насадка на рис. 2 — до 38 %, что является высоким показателем гигроскопичности [2]. Следовательно, можно считать, что в части повышения гигроскопических качеств насадки из серийных пластин минипласта задача решается указанным техническим приемом, который может быть рекомендован при дальнейшем совершенствовании конструкции УКВ.

Работоспособность насадки при наличии соли в воде и пыли в воздухе

Орошение насадки, содержащей соли, водой связано с надежностью ее работы при систематическом просушивании во время межсменного перерыва или эксплуатации УКВ в режиме вентиляции при отключенной подаче воды длительное время. Для оценки вероятности кризиса капилляров в пластинах минипласта рассмотрим механизм изменения состояния воды в капиллярах при возрастании концентрации солей в рассоле при обсыхании материала.

В практике используется метод осмотического опреснения засоленной воды, основанный на пропускании ее через пористую мембрану, которая, пропуская молекулы воды, задерживает содержащиеся в ней молекулы различных солей [7]. Это объясняется тем, что по утверждению автора работы [4] связанная в капиллярах влага обладает таким свойством, как нерастворимость в ней веществ, которые в свободной воде легко растворимы.

Вместе с тем степень возможной засоленности воды в капиллярах зависит от их размера — чем меньше капилляр, тем ниже концентрация в нем солей. Следовательно, их размер обуславливает важное положительное качество пластин — в микрокапилляры не может попасть или не может находиться вода с концентрацией солей выше, чем определено их радиусом. Поэтому при испарении воды рассол начнет вытесняться из капилляров к поверхности пластин, где при полном обсыхании будет откладываться в виде рыхлого слоя соли. В самих же микрокапиллярах твердые соли образоваться не могут, поэтому их кризис по указанной причине невозможен в принципе.

С позиции подтверждения этого вывода определенный интерес представляет информация [8] об освоении в нашей стране технологии изготовления капиллярно-пористых пластин методом их формирования под давлением 5...10 МПа при температуре 200 °С из смеси порошкообразного полиэтилена или полистирола и хлористого натрия при содержании его до 56 %. При таком объемном наполнении все

частицы этого водорастворимого наполнителя, соприкасаясь друг с другом, образуют "нити проводимости" через всю толщу пластин композита. При последующей промывке водой обеспечивается полное вымывание хлористого натрия из композита, что приводит к образованию микропористого материала, содержащего значительный свободный объем, величина которого возрастает с повышением дисперсности порошка хлористого натрия.

Вместе с тем отложенный на открытой поверхности сухих пластин слой соли уменьшает ширину воздушных каналов насадки. Это усугубляется к тому же оседанием на фронтальных торцах пластин мелкодисперсной пыли в виде "язычков", которые потоком воздуха разрушаются и втягиваются затем в воздушные каналы. Поэтому здесь необходимо защитить насадку от влияния этих негативных факторов, что обуславливает необходимость применения в дополнение к фитильному (пассивному) активного способа орошения, удаляющего с насадки указанные фрагменты.

С этой целью для насадки, показанной на рис. 1, в охладителе воздуха было применено фронтальное орошение насадки водой, распыленной воздухом, поступающим от расположенного перед ней вентилятора [9]. Однако такое решение не может быть реализовано, когда вентилятор размещен после насадки. К тому же из-за уноса капельной влаги из прямоточных воздушных каналов требуется ввести в конструкцию сепаратор-каплеуловитель, как это принято в УКВ [2]. Таким образом, необходимо дальнейшее совершенствование насадки с приданием ей сепарирующих качеств и доработка системы ее орошения.

Совершенствование конструкции насадки и системы орошения

Устройство усовершенствованной насадки, обладающей сепарирующими качествами при орошении ее путем подачи воды сверху потоком воды, сосредоточенным в районе ее фронтальной части, показано на рис. 3 [10].

Как отмечалось ранее, при увлажнении пластин насадок, показанных на рис. 1 и 2, за счет фитильного подъема воды из поддона обеспечивается равномерное смачивание их поверхности. Для реализации же качественного верхнего орошения насадки (см. рис. 3) требуется выполнить обязательное важнейшее условие — вода должна стекать по стенке пластины в виде сплошной по всей поверхности пленки. Это требует подачи большого объема воды, что приведет к возникновению "захлебывания" каналов, резкому увеличению аэродинамического сопротивления насадки и выносу из нее воды потоком воздуха. Исключить это нежелательное явление можно, уменьшив подачу воды, но тогда она будет стекать по стенкам отдельными струйками,

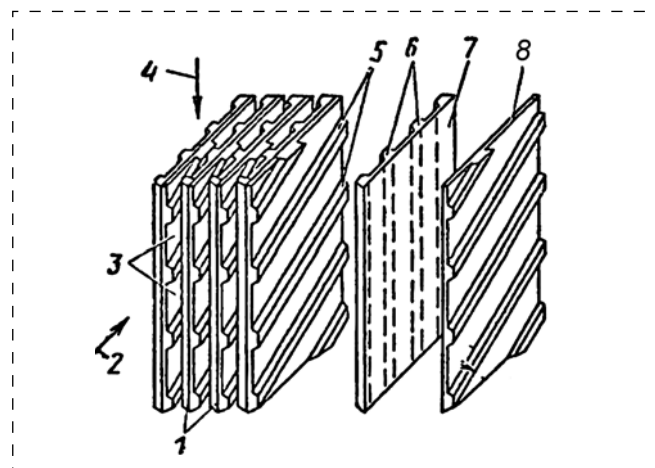


Рис. 3. Схема устройства усовершенствованной водоиспарительной насадки с сепарирующими качествами:

1 — макрокапиллярные щели; 2 — поток обрабатываемого воздуха; 3 — воздушные каналы; 4 — поток орошающей воды; 5 — наклонные выступы; 6 — вертикальные выступы; 7 — пластина с вертикальными выступами; 8 — пластина с наклонными выступами

из которых влага проникнет сначала непосредственно в тело пластины, а затем разойдется по всей пластине в горизонтальном направлении. Однако при выключенном вентиляторе сплошная пленка воды здесь не образуется.

При подаче воздуха в горизонтальном направлении, т. е. поперек потока воды, ее струи под действием боковой силы воздуха будут как бы "распластываться" по стенке пластин и вследствие такого взаимодействия сред вместо отдельных струй образуются широкие полосы воды, что существенно увеличит орошаемую площадь этих пластин. В макрокапилляр же между ровными сторонами пластин вода будет попадать за счет фитильного всасывания со стороны фронтальной части насадки, где сосредоточен весь поток орошающей воды, что способствует удалению оседающей здесь пыли, а также отложенного после обсыхания насадки слоя соли.

Схема размещения приведенной на рис. 3 насадки в корпусе воздухоохладителя и устройства системы ее орошения показаны на рис. 4 [11]. Отметим, что в этом случае конструктивная высота насадки является также рабочей высотой, поскольку в отличие от насадок на рис. 1 и 2, ее нижняя часть не погружена в воду, а поддон 11 служит лишь для сбора и слива циркулирующей воды. Оросительное устройство состоит из перфорированной трубки 5, водораспределительных пластин 4 и 6, а также отбойника 2. Пластина 4 смонтирована перед трубкой 5, снабжена в нижней части зубцами (не показаны на рисунке), расположенными ниже отверстий трубки с некоторым зазором перед фронтальной частью насадки 8. Вторая пластина 6 находится под первой, ее наклоненная в сторону набегающего потока воздуха 7 передняя кромка также снабжена

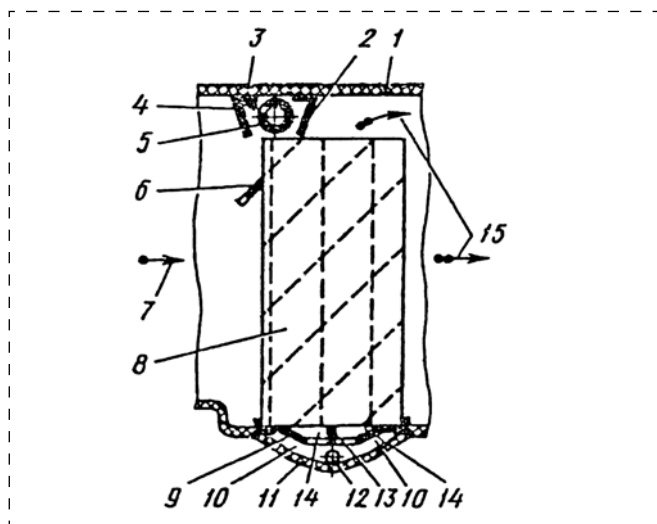


Рис. 4. Схема устройства системы орошения усовершенствованной водоиспарительной насадки:

1 — корпус; 2 — отбойник; 3 — направление струй воды; 4, 6 — верхняя и нижняя распределительные пластины; 5 — перфорированная трубка; 7 — поток обрабатываемого воздуха; 8 — насадка; 9 — решетка; 10 — буферные камеры; 11 — поддон; 12 — дренажное отверстие; 13 — продольное ребро решетки; 14 — поперечные ребра решетки; 15 — поток охлажденного воздуха

зубцами (не показаны на рисунке), смещенными в поперечном направлении относительно зубцов верхней пластины 4 (вершины одних находятся на вертикали со впадинами других).

Устройство работает следующим образом. Поток воздуха 7 подается в насадку 8. На ее орошение вода из трубки 5 поступает из ее перфораций струями в направлении 3, которые ударяются о поверхность пластины 4 выше ее зубцов. В результате удара вода растекается по этой поверхности и проходит к зубцам на нижней кромке пластины, где разделяется на большие и мелкие струи и капли, которые сосредоточиваются на вершинах этих зубцов.

Мелкие капли и тонкие струи воды, срывающиеся с вершин зубцов под действием силы тяжести, захватываются воздушным потоком, увлекаются внутрь верхней части насадки и смачивают ее пластины. Более толстые струи и крупные капли воды, достигшие пластины 6, стекают по ее поверхности к вершинам своих зубцов и, срываясь с них в виде тонких струй и мелких капель, также увлекаются потоком воздуха внутрь насадки. Излишки воды, не достигшие насадки, попадают в поддон 11 и через дренажное отверстие 12 возвращаются в бак (не показан на рисунке), оборудованный водяным насосом (не показан на рисунке). Таким образом достигается баланс между обильной подачей воды в оросительную перфорированную трубку 5 и рациональным ее поступлением в насадку.

Необходимо отметить, что в рассмотренной системе орошения решается еще один важный вопрос — предотвращение выброса воды из воздухоохладителя при рывках машины (интенсивное

торможение или резкое трогание с места). Здесь оросительная трубка 5 расположена между пластинами 2 и 4, нижние кромки которых отогнуты в ее сторону, в связи с чем вода, ударяясь об эти пластины, отражается внутрь насадки 8. Кроме того, над поддоном 11 установлена решетка 9 с отбортовками, направленными в сторону дренажного отверстия 12 и образующими буферные камеры 10 — своеобразные ловушки для воды при ее продольных и поперечных колебаниях. Дополнительно к этому решетка 9 снабжена продольным 13 и поперечными 14 ребрами, образующими отбойники, препятствующие выплеску воды в поперечном направлении при резком крене машины.

Таким образом, можно считать, что в части обеспечения сепарирующих качеств насадки и совершенствования системы ее орошения задача решена.

Для изучения характера взаимодействия комплекса "усовершенствованная насадка — комбинированное орошение" были проведены экспериментальные исследования [6] по определению времени стабильной работы (коэффициент эффективности охлаждения E_a сохраняет постоянное значение) насадки, насыщенной водой, после отключения ее подачи сверху, а также (после некоторого обсыхания насадки) времени возвращения коэффициента E_a к номинальному значению при включении подачи воды. Коэффициент эффективности охлаждения определяют по формуле

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

где t и t_m — начальные температуры обрабатываемого воздуха соответственно по сухому и мокрому термометрам, °С; t_a — температура по сухому термометру воздуха на выходе из насадки, °С.

Установлено, что у насыщенной влагой насадки без подачи воды коэффициент E_a сохраняет постоянное значение в течение 20 мин при температуре воздуха 40 °С. После начала заметного уменьшения значения коэффициента E_a и включения подачи воды требуется не более 2 мин, чтобы его значение вернулось к номиналу. Такой комбинированный переменный вид орошения, когда основной период работы насадки осуществляется в режиме увлажнения связанной в капиллярах влаги, требует соответствующей оценки.

Влияние связи влаги в капиллярах на работу насадки

Как отмечается в публикации [4], связанная в капиллярах вода находится в состоянии, резко отличном от состояния свободной воды, что выражается в различии таких физических свойств, как плотность, теплоемкость, вязкость, давление насыщенного пара, температура замерзания (например, часть связанной влаги в пластинах не замерзает даже при



понижении температуры до минус 78 °С). Рассмотрим процесс испарения влаги, учитывая, что на удаление прочно связанной с телом пластин воды требуется затратить соответствующую энергию.

В общем случае удельная теплота испарения свободной воды (кДж/кг) определяется выражением [12]:

$$r = 2500 - 2,38t. \quad (2)$$

При прямом испарительном охлаждении справедливо равенство:

$$c_p G(t - t_m) = G_w r, \quad (3)$$

где $c_p = 1,005$ кДж/(кг·°С) — теплоемкость воздуха; $G = \rho L$ — массовая подача воздуха, кг/с (здесь ρ — плотность охлажденного воздуха, кг/м³; L — объемная подача воздуха, м³/с); G_w — количество испарившейся воды, кг/с.

Учитывая выражение (2), получим уравнение теплового баланса при испарении свободной воды с поверхности:

$$c_p G(t - t_m) = G_w(2500 - 2,38t). \quad (4)$$

Для капиллярно-пористых тел, к которым относится мипласт, характерным является наличие нескольких форм связи влаги — адсорбционной, осмотической и капиллярной [4]. При сушке материала, без поступления влаги извне теплота обдуваемого воздуха будет последовательно тратиться на испарение свободной, капиллярно связанной, адсорбированной и осмотически связанной воды.

Поскольку в рассматриваемом случае происходит постоянная подпитка водой пластин путем фитильного поступления, то в процессе ее испарения они не будут обсыхать до такой степени, чтобы вслед за испарением влаги из открытых капилляров последовало ее удаление с их стенок. Таким образом, можно считать, что в данном случае энергия связи воды с материалом капиллярно-пористого тела будет определяться только его капиллярными свойствами.

Энергия связи влаги в капиллярах (Дж/моль) может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_w = RT \ln(p_r/p_u), \quad (5)$$

где $R = 8,314$ Дж/(моль·К) — универсальная газовая постоянная; T — абсолютная температура воздуха, К; p_r и p_u — давление паров воды в капилляре и в воздухе, кг/м².

По данным публикации [4] для капилляров с радиусом $0,36 \cdot 10^{-9}$ м при температуре 20 °С энергия связи влаги в капиллярах составила $\varepsilon_w = 74,5 \cdot 10^5$ Дж/моль. При той же температуре для капилляров с радиусом $53,3 \cdot 10^{-9}$ м энергия связи существенно меньше $\varepsilon_w = 0,503 \cdot 10^5$ Дж/моль. Таким образом, чем меньше радиус капилляра, тем больше тепловой энергии необходимо затратить

на испарение влаги. В связи с этим удельная теплота испарения в капиллярах r_w будет больше удельной теплоты испарения r свободной воды, и уравнение теплового баланса (3) примет вид:

$$c_p G(t - t_m) = G_w r_w. \quad (6)$$

Чтобы обеспечить этот баланс при возросшей величине удельной теплоты испарения воды, необходимо изменить величину других составляющих этого уравнения. Например, если снизится температура t_m , то возрастет величина левой части уравнения (6). Однако при прямом испарительном охлаждении это в принципе невозможно, поскольку тогда процесс должен идти с понижением энтальпии обрабатываемого воздуха, для чего требуется соответствующее отведение теплоты в окружающую среду, но такой составляющей в уравнении (6) нет.

Тепловой баланс по этому уравнению может быть обеспечен при снижении величины G_w . Это в определенной мере согласуется с данными эксперимента в работе [6], показавшими, что если здесь не учитывать снижение расхода воды, то расхождение теплового баланса в уравнении (6) при температуре $t = 35...40$ °С достигает 32,6 %. Тогда правомерен вывод о том, что при использовании в насадке пластин из мипласта при их фитильном увлажнении расчетную производительность охладителя по отведенной из обрабатываемого воздуха явной теплоте можно обеспечить при уменьшенном расходе испаряемой воды. Вместе с тем такой режим работы насадки осуществляется, когда вода на испарение поступает в воздушные каналы через стенки пластин из щелевого макрокапилляра между их ровными сторонами при отключенном орошении сверху. Как указано ранее, период функционирования насадки в таком режиме составляет 20 мин, а затем необходимо задерживать верхнее орошение на 2 мин, т. е. здесь требуется периодическое включение подачи воды на относительно короткое время. Отметим, что такой известный прием прерывистой подачи воды в насадке используется разработчиками систем охлаждения и увлажнения воздуха [13] для снижения уноса капельной влаги. Что же касается вопроса реализации этого вида орошения в рассматриваемом случае, то он не входил в задачи данного исследования. Однако при современном уровне техники управления системами [14] при наличии широкой номенклатуры изделий для автоматизации процессов выбор необходимых элементов, задающих требуемый временной промежуток в работе водяного насоса, для специалистов трудности не представляет.

Список литературы

1. Кокорин О. Я. Испарительное охлаждение для целей кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1965. — 158 с.
2. Кокорин О. Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы расчета и проектирования. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1978. — 264 с.

3. **Лыков А. Б.** Теория сушки. — М.: Энергия, 1968. — 535 с.
4. **Никитина Л. И.** Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах. — М.: Энергия, 1968. — 500 с.
5. **Фролов А. А.** Изыскание способов нормализации воздушной среды в кабинах хлопководческих тракторов: Дис. ... канд. техн. наук. — М.: ВИМ, 1976. — 161 с.
6. **Михайлов В. А.** Исследование и разработка средств улучшения микроклимата в кабине универсально-пропашного трактора: Дис. ... канд. техн. наук. — М.: НАТИ, 1976. — 173 с.
7. **Слесаренко В. Н.** Современные методы опреснения морских и соленых вод. — М.: Энергия, 1973. — 248 с.
8. **Матковский П. Е., Распоров Л. Н., Шишкин Р. М.** Смеси термопластов с водорастворимыми наполнителями // Машиностроитель. — 1997. — № 3. — С. 17—19.
9. **Михайлов В. А., Щельцына О. Н.** Повышение эксплуатационной надежности унифицированного воздухоохлаждителя кабин тракторов классов 0,6-2 // Труды НПО НАТИ "Исследование средств нормализации и пара-

- метров микроклимата в кабинах тракторов и комбайнов". — М.: НАТИ, 1986. — С. 69—72.
10. **Михайлов В. А.** Орошаемые насадки из мипласта для испарительных воздухоохлаждителей кабин с.-х. тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 1986. — № 6. — С. 16—19.
11. **Михайлов В. А.** Совершенствование конструкций воздухоохлаждителей кабин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1994. — № 6. — С. 22—25.
12. **Нестеренко А. В.** Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Высшая школа, 1971. — 460 с.
13. **Михайлов В. А.** Орошаемые насадки "Munters" для охлаждения и увлажнения воздуха в кабинах тракторов // Экспресс-информация, № 19. Серия "Тракторы, самоходные шасси, и двигатели, агрегаты и узлы". — М.: ЦНИИТЭтракторосельхозмаш. — 1981. — С. 6—15.
14. **Управление** техническими системами / Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев, В. Е. Смирнов, В. И. Харитонов / Под ред. В. И. Харитонов. — М.: ФОРУМ, 2010. — 384 с.

V. A. Mikhailov, Professor, **E. V. Sotnikova**, Associate Professor, e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru,
N. Yu. Kalpina, Associate Professor, Moscow Polytechnic University

Adaptation of the Serial Plates of Miplast to Irrigated to Nozzles of Air Coolers of Cabins

The mechanism of humidification of the nozzle from serial plates of the miplast intended for water-vaporizing air coolers of cabins of self-propelled cars is considered. The reasons for their relatively low hygroscopicity are revealed and a constructive solution is proposed to eliminate this disadvantage by forming a package of nozzles from paired plates of the miplast facing each other with smooth sides. The peculiarities of the nozzle operation during irrigation with water containing dissolved salts are revealed. Shown, in the microcapillaries of the plates when they are drying the solid salt cannot form their crisis and hence impossible. Two — mode irrigation of the nozzle is proposed: the main — wick and additional-short-term from the top of its frontal part to remove dust particles and a layer of salt settling on the surface of the air channels after drying the nozzle. The constructive proposals for the improvement of the nozzle and irrigation system to prevent emissions from the water apparatus under dynamic impact on it during operation are given. It is noted that when working in the mode of wick humidification of plates due to the additional heat consumption of the treated air to overcome the energy of the capillary bond of moisture, the calculated cooling capacity of the apparatus can be achieved with a reduced flow of evaporating water.

Keywords: photospreteen cooling, humidify nozzle, irrigation, plates miplast, hygroscopicity, capillary, capillary-bound moisture, the energy crisis of the capillaries, the flow of the water through evaporation, irrigation regimes

References

1. **Kokorin O. Ya.** Evaporative cooling for air conditioning purposes. Moscow: Stroyizdat, 1965. 158 p.
2. **Kokorin O. Ya.** Installation of air conditioning. Fundamentals of calculation and design. Ed. 2nd, pererab. DOP. Moscow: Mashinostroenie, 1978. 264 p.
3. **Lykov A. B.** Drying Theory. Moscow: Energy, 1968. 535 p.
4. **Nikitina L. I.** Thermodynamic parameters and mass transfer coefficients in wet materials. Moscow: Energy, 1968. 500 p.
5. **Frolov A.** Finding ways of normalization of the air environment in the cabins of the cotton tractors. — Dis. ... kand. tech. sciences'. Moscow: VIM, 1976. 161 p.
6. **Mihajlov V. A.** Research and development of tools to improve the microclimate in the cab of a universally-tilled tractor. — Dis. ... kand. tech. sciences'. M.: NATI, 1976. 173 p.
7. **Slesarenko V. N.** Modern methods of desalination of sea and salt water. Moscow: Energy, 1973. 248 p.
8. **Matkovskiy P. E., Rasporov L. N., Shishkin R. M.** Mixtures of thermoplastics with water soluble fillers. *Mashinostroitel*. 1997. No. 3. P. 17—19.
9. **Mikhailov V. A., Shhelcina O. N.** Improving the reliability of the unified air cooler for tractor cabins classes 0,6-2. *Works of NGOs NATI "Study of the normalization and parameters of the microclimate in cabins of tractors and combines"*. Moscow: NATI, 1986. P. 69—72.
10. **Mikhailov V. A.** Irrigated attachment of miplast for evaporative air coolers cabs of agricultural tractor. *Tractors and agricultural cars*. 1986. No. 6. P. 16—19.
11. **Mikhailov V. A.** Improvement of designs of air coolers of cabins. *Tractors and agricultural machines*. 1994. No. 6. P. 22—25.
12. **Nesterenko A. V.** Fundamentals of thermodynamic calculations of ventilation and air conditioning. Moscow: High school, 1971. 460 p.
13. **Mikhailov V. A.** Irrigated nozzles "Munters" for cooling and humidifying the air in the cabs of tractors. *Express information, No. 19. Series "Tractors, self-propelled chassis, and engines, units and assemblies"*. M.: Elektroselhoz mash, 1981. P. 6—15.
14. **Management** of technical systems. E. B. Bunco, K. I. Mesha, E. G. Murashev, V. E. Smirnov, V. I. Kharitonov. Editor by V. I. Kharitonov. Moscow: FORUM, 2010. 384 p.

УДК 622.692.4

А. М. Ревазов, д-р техн. наук, проф., e-mail: alanrevazov@rambler.ru,
Н. Е. Котломин, аспирант, Российский государственный университет нефти
и газа имени И. М. Губкина, Москва

Система обеспечения безопасности магистральных трубопроводов от сейсмических воздействий

Статья посвящена вопросу обеспечения безопасности и надежности линейной части магистральных трубопроводов и иной инфраструктуры. Рассмотрены и определены основные показатели надежности, связанные с землетрясениями, которые могут быть полезны для дальнейших исследований, направленных на повышение устойчивости и надежности магистральных трубопроводов. Даны рекомендации по повышению безопасности и надежности эксплуатации магистральных трубопроводов.

Ключевые слова: надежность, безопасность, землетрясения, сейсмическая активность, магистральные трубопроводы, линейная часть

В рамках энергетической программы России разработка мероприятий по обеспечению безопасности, предотвращению возникновения чрезвычайных и аварийных ситуаций (Ч и АС) и ликвидации их последствий входит в ряд первоочередных задач, стоящих перед предприятиями нефтегазового комплекса [1, 2]. Основное требование концепции безопасности — снижение уровня риска возникновения чрезвычайных и аварийных ситуаций является общепринятым и перспективным направлением в научных исследованиях при разработке новых и реконструкции уже существующих трубопроводных систем. В связи с тем, что в Российской Федерации около 20 % территорий подвержено воздействию землетрясений интенсивностью более 7 баллов, более 5 % территорий — интенсивностью 7—8—9 баллов, а также учитывая потенциальные последствия землетрясений, связанные не только с экономическим, но и с техногенным риском, им необходимо уделять особое внимание в целях повышения сейсмостойкости рассматриваемой инфраструктуры [3], внедрения практики, направленной на уменьшение последствий землетрясений, а также мер по подготовке и обеспечению готовности для оптимизации эффективности аварийного реагирования в случае ЧС в результате землетрясения.

В существующей нормативной документации, а также в Приказе Ростехнадзора от 26.12.2012 № 781 "Об утверждении рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий [4] на взрывопожароопасных и химически

опасных производственных объектах" содержатся рекомендации по разработке плана локализации и ликвидации аварий (ПЛА). Эти документы предназначены для использования организациями, эксплуатирующими взрывопожароопасные и химически опасные производственные объекты (ОПО), на которых возможны аварии, сопровождающиеся выбросами взрывопожароопасных и химически опасных веществ, взрывами в аппаратуре, производственных помещениях и наружных установках, которые могут привести к разрушению зданий, сооружений, технологического оборудования, поражению людей, негативному воздействию на окружающую среду.

План локализации и ликвидации аварий разрабатывается в целях:

планирования действий персонала ОПО и специализированных служб на различных уровнях развития Ч и АС;

определения готовности организации к локализации и ликвидации аварий на ОПО;

выявления достаточности принятых мер по предупреждению аварий на объекте;

разработки мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО.

Также следует отметить Постановление Правительства РФ от 26 августа 2013 г. № 730 "Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах" [5], которое устанавливает порядок разработки планов мероприятий по локализации и

ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах (далее — планы мероприятий) и требования к их содержанию. Однако данное положение не содержит четкого набора процедур, которые бы регламентировали, как количественно оценить надежность сооружений при сейсмическом воздействии.

Внедрение практики и обязательной политики, направленной на уменьшение последствий землетрясения, а также меры по подготовке и обеспечению готовности к оптимизации эффективности аварийного реагирования сразу после наступления сейсмической активности — все это способствует снижению сейсмического риска и потенциальных потерь в будущем.

Сейсмостойкость определяется как характеристика зданий и сооружений, описывающая степень их устойчивости к землетрясениям в пределах допустимого риска. Сейсмостойкость трубопроводной системы может быть достигнута путем повышения ее способности функционировать в момент и после землетрясения, а также с помощью стратегии реагирования на чрезвычайные ситуации, которая направлена на снижение потерь и времени на ликвидацию аварий, что позволит как можно быстрее вернуться к требуемому уровню функционирования (или другим приемлемым уровням).

Со временем производительность любой системы, в том числе магистральных трубопроводов, может меняться иногда постепенно, иногда резко. Резкие изменения производительности происходят при землетрясениях (рис. 1). В этих случаях система может выйти из строя, что приведет к значительному снижению или полной потере производительности [8].

Надежность системы определяется следующими показателями: снижение вероятности отказов; снижение последствий отказов с точки зрения экономического и социального ущерба; сокращение времени на ликвидацию аварий.

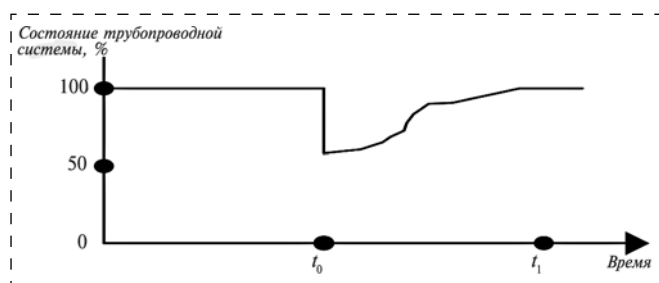


Рис. 1. Определение уровня сейсмостойкости

Математически это можно представить следующим образом:

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt, \quad (1)$$

где $Q(t)$ — состояние трубопроводной системы.

Состояние трубопроводной системы может варьироваться от 0 до 100 % (где 0 % — полный отказ системы, 100 % — заданный режим работы). Если землетрясение происходит в момент времени t_0 , оно может нанести значительный ущерб. В этом случае состояние трубопроводной системы снижается со 100 до 50 % (см. рис. 1). Полное восстановление будет происходить с течением времени, до момента времени t_1 [6], когда трубопровод будет полностью (100 %) восстановлен. Следовательно, потеря устойчивости вследствие землетрясения R может быть измерена величиной ожидаемого ухудшения качества (вероятности отказа) с течением времени (т. е. времени до восстановления).

Методика оценки сейсмостойкости состоит в том, чтобы определить способность обеспечить безопасность до наступления Ч и АС и способность локализации после наступления Ч и АС. Ниже перечислены некоторые факторы, которые необходимо учитывать при разработке такой методики:

- Определение способов повышения надежности.
- Состояние инфраструктуры до наступления Ч и АС.
- Повышение сейсмостойкости путем усовершенствования и модернизации трубопровода.
- Оценка всех мероприятий, направленных на повышение надежности.
- Оценка всех возможных сценариев негативного воздействия.

Вероятность достижения устойчивости может быть оценена для случаев с применением и без применения конкретных передовых технологий [7] (например, применение новых материалов). Разница будет напрямую указывать на потенциальное повышение надежности от внедрения передовых технологий, которое, как правило, приводит к повышению надежности и безопасности системы. Внедрение новых методологий, например, системы поддержки принятия решений, могут повысить надежность системы за счет повышения скорости принятия решений. Структурированная диаграмма надежности системы показана на рис. 2.

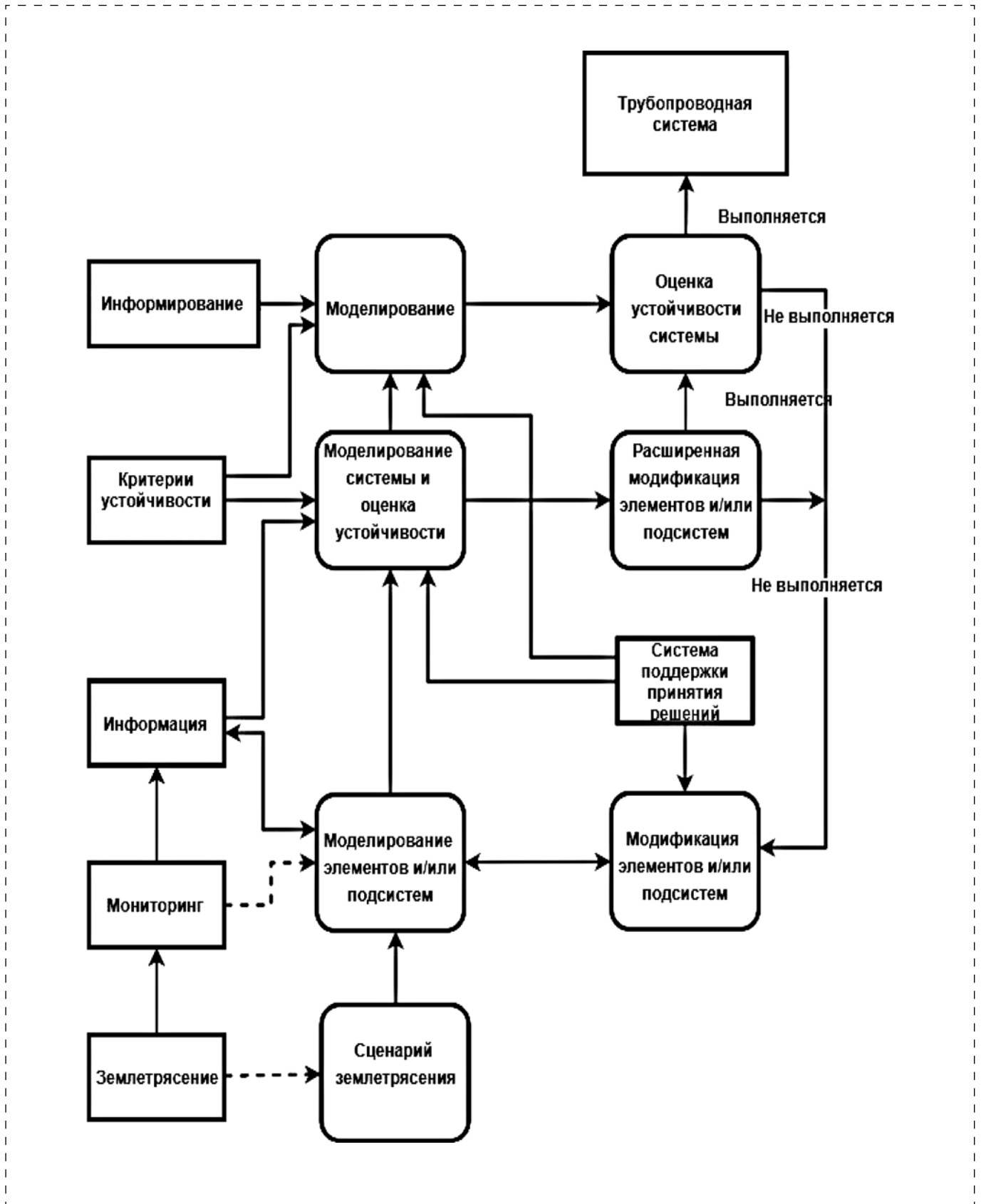


Рис. 2. Структурированная диаграмма надежности системы

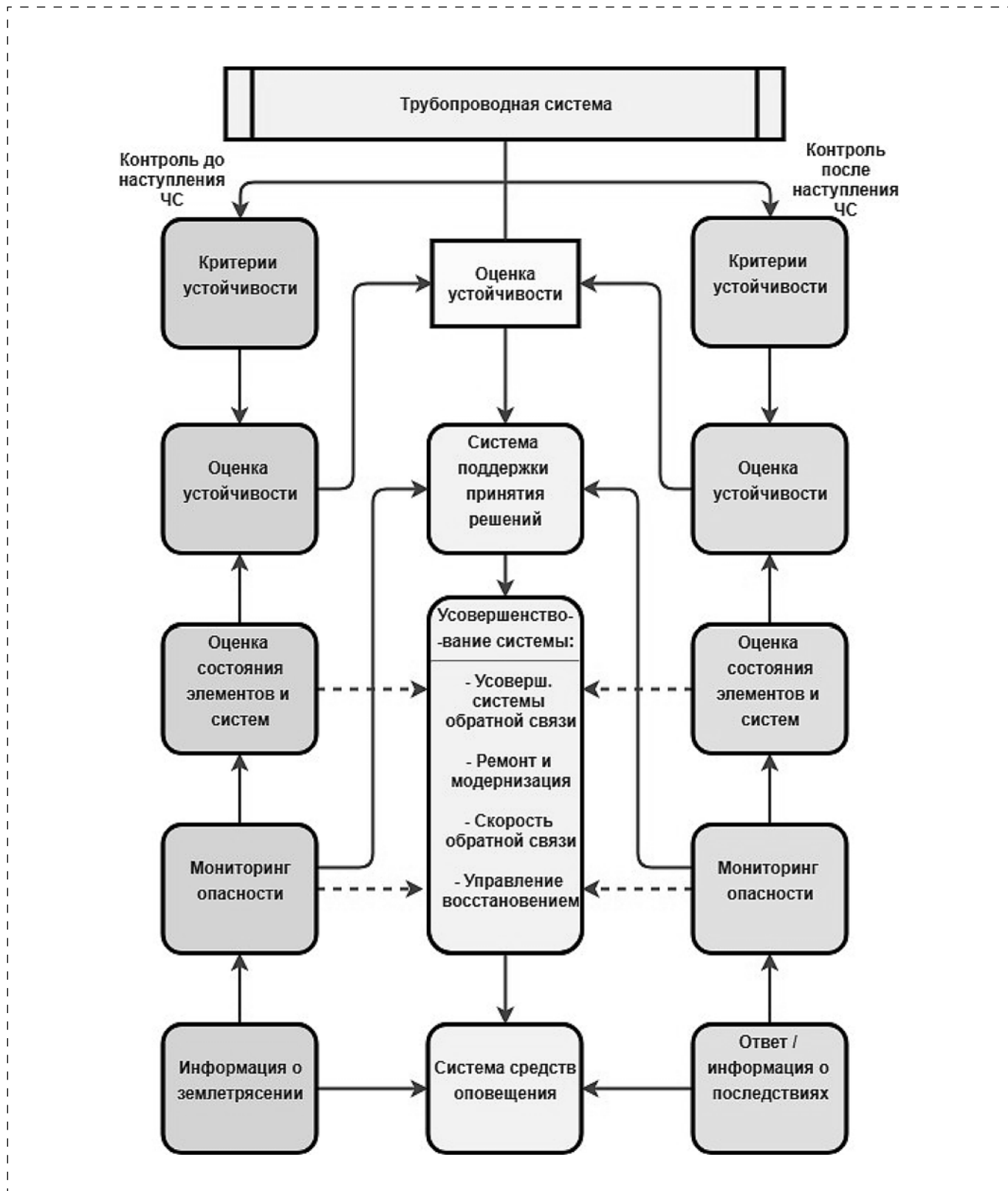


Рис. 3. Набора циклов "прямой связи" и "обратной связи"



Оценка надежности в виде набора циклов "прямой связи" и "обратной связи" представлена на рис. 3.

В заключение следует отметить, что основные показатели сейсмической надежности могут служить в качестве основы для комплексной характеристики рассматриваемой проблемы. В результате проведенных исследований были определены основные показатели надежности: "Снижение вероятности отказов", "Снижение последствий отказов" и "Сокращение времени на ликвидацию аварии". Четко определенные и последовательно применяемые показатели надежности позволяют проводить различные виды исследований, например, по оценке эффективности различных мер по снижению негативного воздействия землетрясений.

Список литературы

1. **Ревазов А. М., Алекперова С. Т.** Управление риском возникновения аварий на линейной части магистральных газопроводов на основе мониторинга эксплуатационных факторов // Газовая промышленность. — 2015. — № 12.

2. **Ревазов А. М.** Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрального газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2010. — № 1. — С. 68–72.
3. **Котломин Н. Е., Ревазов А. М.** Учет влияния сейсмической опасности на объекты магистрального трубопроводного транспорта нефти и газа // Сборник тезисов IX Международной научно-технической конференции Новополюк-1. — 2018. — С. 91.
4. **Приказ** Ростехнадзора от 26.12.2012 № 781 "Об утверждении рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах".
5. **Постановление** Правительства РФ от 26 августа 2013 г. № 730 "Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах".
6. **Miles S. B., Chang S. E.** Modeling community recovery from earthquakes. *Earthquake Spectra*. — 2006. — No. 22 (2). P. 439–458.
7. **Miles S. B., Chang S. E.** ResilUS: A community based disaster resilience model. *Cartography and Geographic Information Science*. — 2011. — No. 38 (1). — P. 36–51.
8. **A framework** to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities / M. Bruneau, S. E. Chang, R. T. Eguchi, G. C. Lee, T. D. O'Rourke, A. M. Reinhorn, M. Shinozuka, K. Tierney, W. A. Wallace, D. von Winterfeldt // *Earthquake Spectra*. — 2003. — No. 19 (4). — P. 733–752.

A. M. Revazov, Professor, e-mail: alanrevazov@rambler.ru, **N. E. Kotlomin**, Postgraduate, National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow

Safety System for Trunk Pipelines Against Seismic Effects

The article is devoted to the reliability of the linear part of the main pipelines and other infrastructure. The article describes and defines quantitative indicators of reliability associated with earthquakes, which can be useful for further research aimed at improving the stability and reliability of trunk pipelines. Recommendations affecting the safety and reliability of operation of trunk pipelines.

Keywords: reliability, safety, earthquakes, seismic activity, main pipelines

References

1. **Revazov A. M., Alekperova S. T.** Upravlenie riskom vznikeniya avarij na linejnoj chasti magistral'nyx gazoprovodov na osnove monitoringa e'kspluatacionnyx faktorov. *Gazovaya promyshlennost'*. 2015. No. 12.
2. **Revazov A. M.** Analiz chrezvychajnyx i avarijnyx situacij na ob'ektax magistral'nogo gazoprovodnogo transporta i mery po preduprezhdeniju ix vznikeniya i snizheniju posledstvij. *Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse*. 2010. No. 1. P. 68–72.
3. **Kotlomin N. E., Revazov A. M.** Uchet vliyaniya sejsmicheskoy opasnosti na ob'ekty magistral'nogo truboprovodnogo transporta nefti i gaza. *Sbornik tezisev IX Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii Novopolock-1*. 2018. S. 91.
4. **Prkaz** Rostexnadzora ot 26.12.2012 No. 781 "Ob utverzhdenii rekomendacij po razrabotke planov lokalizacii i likvi-

- dacii avarij na vzryvopozharoопасnyx i ximicheski opasnyx proizvodstvennyx ob'ektax".
5. **Postanovlenie** Pravitel'stva RF ot 26 avgusta 2013 g. No. 730 "Ob utverzhdenii Polozheniya o razrabotke planov meropriyatij po lokalizacii i likvidacii posledstvij avarij na opasnyx proizvodstvennyx ob'ektax".
6. **Miles S. B., Chang S. E.** Modeling community recovery from earthquakes. *Earthquake Spectra*. 2006. No. 22 (2). P. 439–458.
7. **Miles S. B., Chang S. E.** ResilUS: A community based disaster resilience model. *Cartography and Geographic Information Science*. 2011. No. 38 (1). P. 36–51.
8. **A framework** to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. M. Bruneau, S. E. Chang, R. T. Eguchi, G. C. Lee, T. D. O'Rourke, A. M. Reinhorn, M. Shinozuka, K. Tierney, W. A. Wallace, D. von Winterfeldt. *Earthquake Spectra*. 2003. No. 19 (4). P. 733–752.

УДК 614.841

С. В. Пузач, д-р техн. наук, проф., начальник кафедры, e-mail: puzachsv@mail.ru,
О. Б. Болдрушкиев, адъюнкт кафедры, **Е. В. Сулейкин**, преподаватель кафедры,
Академия государственной противопожарной службы МЧС России, Москва

Определение удельного коэффициента образования и критической парциальной плотности циановодорода при пожаре в помещении

Рассмотрены данные анализа воздействия циановодорода на человека во время его эвакуации при пожаре. Показано, что в нормативной литературе по пожарной безопасности отсутствуют данные по выделению циановодорода и существующая критическая величина парциальной плотности циановодорода является существенно завышенной, что не позволяет рассчитать время блокирования путей эвакуации по повышенной концентрации циановодорода при расчете пожарных рисков. Разработана экспериментальная установка и методика проведения экспериментов, позволяющая измерять парциальную плотность циановодорода и удельный массовый коэффициент его образования при горении различных веществ и материалов. Получены для случая горения кабеля коммуникационного "LESS SMOKE" экспериментальные зависимости парциальной плотности циановодорода и удельных коэффициентов его выделения от времени экспериментов, которые позволяют проводить расчет времени блокирования путей эвакуации циановодородом и расширить существующую базу данных типовой пожарной нагрузки.

Ключевые слова: пожар, циановодород, парциальная плотность, токсичность, критическая концентрация, терморазложение, горение, изоляция кабеля

Введение

Основной причиной гибели людей при пожаре является отравление токсичными продуктами горения [1]. Математическое моделирование распространения токсичных газов в помещениях и их воздействия на организм человека при пожаре является актуальной задачей [2].

База данных типовой пожарной нагрузки [3] не учитывает большую часть токсикантов, образующихся при горении веществ и материалов, а рассматривает выделение только трех токсичных газов (CO, CO₂ и HCl). В то же время гибель людей от циановодорода, акролеина и ряда других газов происходит, по крайней мере, не реже, чем от монооксида углерода [4].

Теоретическая задача расчета удельного коэффициента образования циановодорода и его концентраций в результате термического разложения горючего материала является нерешенной проблемой из-за того, что качественный и количественный состав продуктов горения зависят не только от физико-химических свойств материала, участвующего в процессе горения, но и от условий горения (концентрация кислорода и т. д.) [2].

В публикациях упоминается ограниченное количество горючих материалов, по которым есть данные по образованию циановодорода при их горении. Например, в работе [4] приведены величины удельного коэффициента образования циановодорода только для небольшого количества веществ и материалов: линолеума, изоляции проводов, шерсти, акрилонитрила, полиакрилонитрила, нейлона, древесины с огнезащитными добавками и т. п.

Экспериментальное исследование характеристик процесса образования циановодорода, необходимых для расчета времени блокирования путей эвакуации при расчете пожарных рисков, является актуальной задачей.

Критическая концентрация циановодорода

Даже слабое токсичное отравление парализует и дезориентирует человека, препятствуя своевременной эвакуации. Время блокирования путей эвакуации циановодородом определяется из условия достижения критического для человека значения концентрации этого токсичного газа.

В соответствии с Методикой [5] и СП 11.13130—2009 [6] критические значения концентрации

токсичных продуктов горения принимаются по данным публикаций для условий одноразового воздействия на эвакуирующихся в течение нескольких минут при средних физических нагрузках и по критерию сохранения ими способности реально оценивать окружающую обстановку, уверенно принимать и выполнять соответствующие решения.

Циановодород HCN (синильная кислота) считается чрезвычайно токсичным газом [7]. Даже при малых концентрациях существует реальная угроза жизни для человека, заключающаяся в практически мгновенной блокировке центральной нервной системы после одного-двух вдохов. Согласно исследованиям [7, 8], раздражение слизистой оболочки глаз и носа происходит при концентрации $0,0000111 \text{ кг/м}^3$, а летальный исход наступает при концентрации $0,000111 \text{ кг/м}^3$ при воздействии в течение 30 мин.

В СП 11.13130—2009 [6] критическая величина парциальной плотности циановодорода указана равной $2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$. Однако эта величина почти в 2 раза превышает указанную выше смертельную концентрацию и примерно в 20 раз больше концентрации, при которой начинаются изменения в состоянии человека, затрудняющие его эвакуацию. Поэтому более обосновано принять критическое значение парциальной плотности HCN равным $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$.

Постановка задачи: рассмотреть процесс горения в условно герметичном мелкомасштабном объеме экспозиционной камеры. В качестве исследуемого токсичного газа рассмотрим циановодород HCN.

Горючим материалом является кабель коммуникационный "LESS SMOKE". Данный тип кабелей с оболочкой LSZH (малодымный безгалогенный компаунд) применяется в помещениях, где обильное образование дыма может нанести ущерб людям и оборудованию. Отсутствие галогенов в данных кабелях способствует понижению скорости и интенсивности дымообразования, что позволяет применять их в закрытых кабельных сооружениях в условиях отсутствия систем дымоудаления.

На базе мелкомасштабной экспериментальной установки можно получить экспериментальные зависимости среднеобъемной парциальной плотности циановодорода и удельного массового коэффициента его образования от времени с начала опытов с целью проверки достижения парциальной плотностью HCN ее критического значения.

Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов

Схема экспериментальной установки [9—13] приведена на рис. 1. На рис. 2 показана фотография установки.

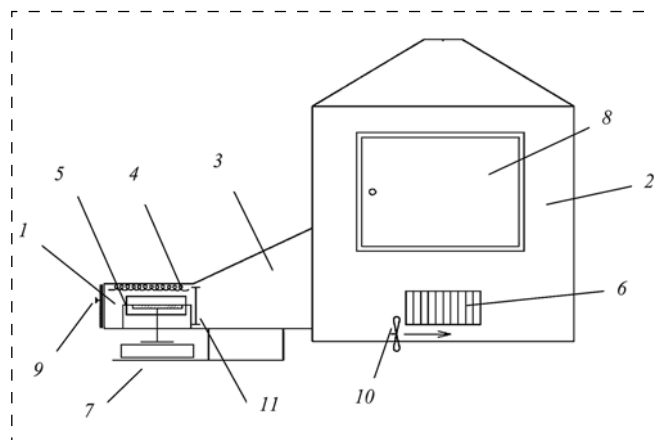


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 — камера сгорания; 2 — экспозиционная камера; 3 — переходной рукав; 4 — электронагревательный излучатель; 5 — держатель образца; 6 — шиберные отверстия; 7 — столик для весов; 8 — дверца экспозиционной камеры; 9 — дверца камеры сгорания; 10 — вентилятор; 11 — заслонка (перегородка) переходного рукава [13]



Рис. 2. Фотография экспериментальной установки

Теплоизолированная камера сгорания 1 с рабочей температурой $20 \dots 1200 \text{ }^\circ\text{C}$, соединенная с экспозиционной камерой 2 теплоизолированным переходным рукавом 3, оснащенным устройством теплового блокирования. В камере сгорания установлена экранированная термостатируемая радиационная панель с датчиком непрерывного контроля температуры 4 и держатель образца 5 на подвижной основе. Теплоизолированная камера 1 объемом $3 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ выполнена из листовой нержавеющей стали толщиной $2,0 \pm 0,1 \text{ мм}$. Боковая стенка теплоизолированной камеры сгорания оснащена окном из кварцевого стекла, позволяющим наблюдать за образцом при проведении испытаний, а также шиберными отверстиями 6, используемыми для изменения режимов испытаний [11, 12].

Экспозиционная камера 2 представляет собой куб объемом $0,5887 \text{ м}^3$ с конусообразной верхней

частью. На двух боковых стенках установлены шибберные отверстия 6. По всему объему экспозиционной камеры расположены низкоинерционные бронированные термопары в количестве 32 шт. для непрерывного контроля температуры. Данные термопары имеют диапазон измерений от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ с погрешностью не более $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Держатель образцов 5 находится на электронных весах 7, которые расположены на подвижном столе и имеют погрешность не более $\pm 1\text{ мг}$.

Контроль над плотностью теплового потока, падающего на образец, подвергшийся испытаниям, осуществляется с помощью водоохлаждаемого датчика типа Гордона и регистрирующего прибора с диапазоном измерений от 0 до 100 мВ. Погрешность измерения плотности теплового потока не превышает $\pm 8\%$.

Постоянный контроль состава газовой среды в экспозиционной камере осуществляется с помощью многоканального газоанализатора, измеряющего концентрацию оксида углерода с диапазоном измерений от 0 до 1 об. % и допустимой погрешностью $\pm 10\%$, концентрацию диоксида углерода с диапазоном измерений от 0 до 5 об. % и допустимой погрешностью $\pm 10\%$, концентрацию кислорода с диапазоном измерений от 0 до 21 об. % и допустимой погрешностью $\pm 10\%$ об. %.

Система измерений концентрации газов внутри экспозиционной камеры дополнена дополнительным газоанализатором для измерения концентрации циановодорода с диапазоном измерений от 0 до 0,01 об. % и допустимой погрешностью $\pm 1\%$.

Непосредственно перед проведением испытаний изготавливаются образцы исследуемого материала размером $100 \times 100\text{ мм}$. Перед проведением испытания образцы конденсируются в течение 12 ч при комнатной температуре $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Испытание начинается с запуска контура нагревательного элемента, включения ПК и запуска регистрирующих программ с последующей проверкой отклика датчиков. После чего ступенчато задается рабочая температура $766\text{ }^{\circ}\text{C}$ и плотность падающего теплового потока 60 кВт/м^2 . При выходе температуры и плотности на установленные значения открывают заслонку переходного рукава и дверцу камеры сгорания. После чего предварительно взвешенный образец материала помещают в камеру сгорания и закрывают дверцу [14].

В ходе проведения испытания фиксируются следующие значения:

- массы образца в ходе испытания каждые $3 \dots 10\text{ с}$;
- температуры в объеме экспозиционной камеры;
- концентрации газов, входящих в состав продуктов горения, а именно CO_2 , CO , HCN , O_2 .

Результаты экспериментов и их анализ

Зависимости среднеобъемной парциальной плотности циановодорода и удельного массового коэффициента его образования от времени с начала опытов представлены на рис. 3 и 4.

Из рис. 3 видно, что парциальная плотность HCN достигает критического значения.

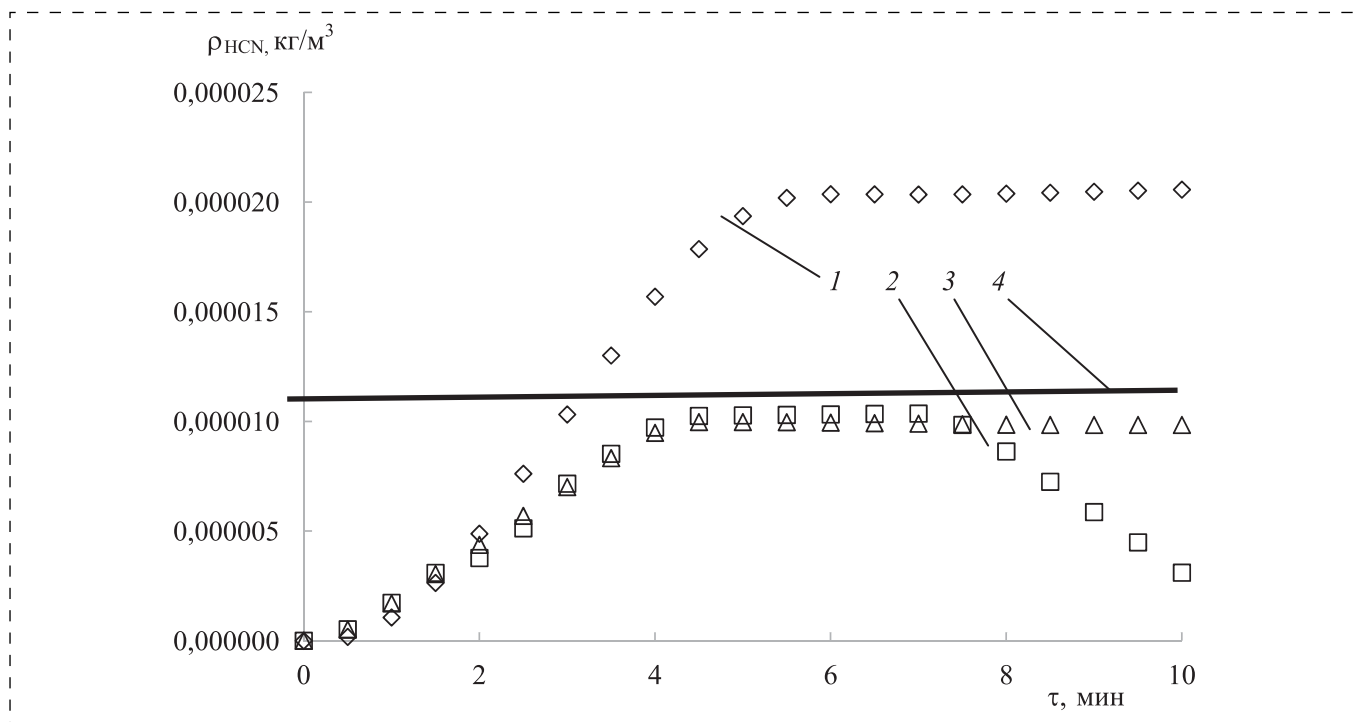


Рис. 3. Зависимость от времени парциальной плотности HCN при горении кабеля "LESS SMOKE":
1–3 — номера экспериментов; 4 — критическое значение парциальной плотности HCN

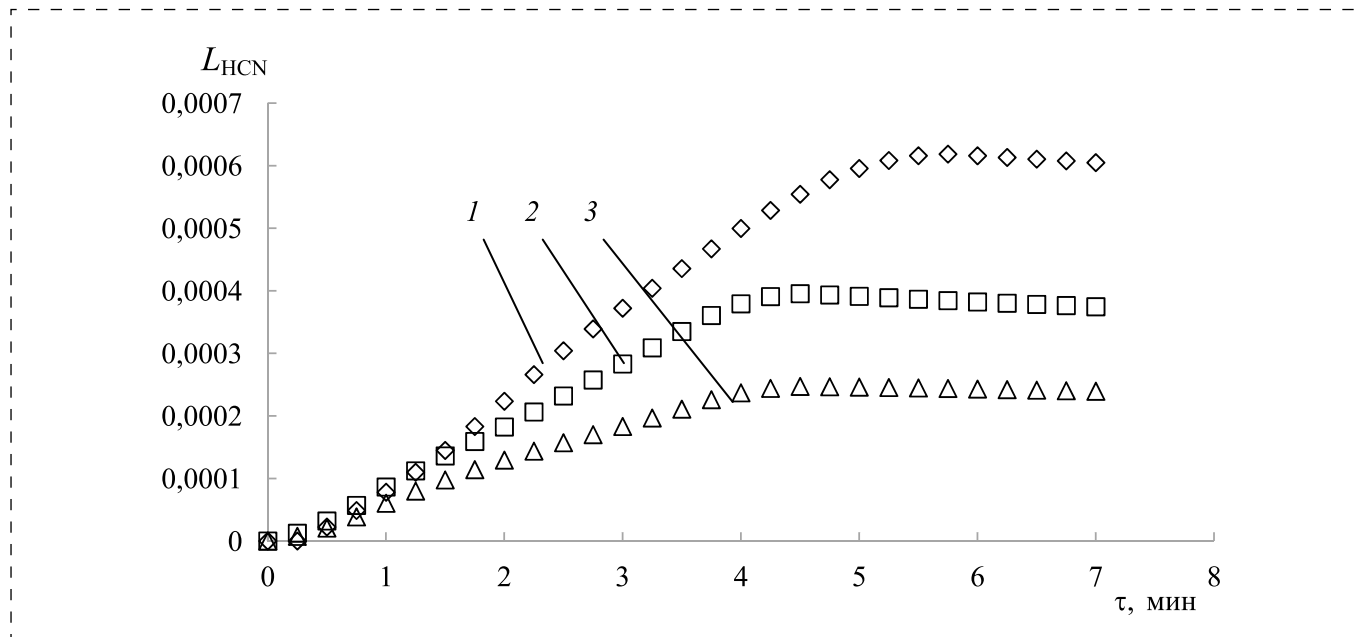


Рис. 4. Зависимость от времени удельного массового коэффициента образования HCN при горении кабеля "LESS SMOKE": 1—3 — номера экспериментов

Таким образом, при расчете пожарного риска в помещениях, где находится кабель "LESS SMOKE", для обеспечения выполнения условия безопасной эвакуации людей необходимо проводить расчет времени блокирования путей эвакуации циановодородом.

Средние значения удельного массового коэффициента образования HCN в данных экспериментах равны $L_{HCN} = 0,00021...0,00056$, что близко к значениям для изоляции кабелей других типов, представленных в литературных источниках: $L_{HCN} = 0,00032...0,000396$ [5].

Заключение

Представленное в нормативной литературе [7] по пожарной безопасности значение критической плотности HCN, необходимое для расчета времени блокирования путей эвакуации циановодородом, является существенно завышенным, что может привести к недооценке пожарной опасности и гибели людей.

Эксперименты показали, что при использовании в помещении кабелей коммуникационных "LESS SMOKE" величина парциальной плотности циановодорода достигает критического значения. Поэтому при расчете пожарных рисков для обоснования выполнения условия безопасной эвакуации людей при пожаре необходимо определять времена блокирования путей эвакуации токсичными газами с учетом циановодорода.

Список литературы

1. Белешников И. Л. Судебно-медицинская оценка содержания цианидов в органах и тканях людей, погибших в условиях пожара: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 1996. — 24 с.
2. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. — 336 с.
3. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М.: Академия ГПС МВД России, 2000. — 118 с.
4. Новые представления о расчете необходимого времени эвакуации людей и об эффективности использования портативных фильтрующих самоспасателей при эвакуации на пожарах / С. В. Пузач, А. В. Смагин, О. С. Лебедченко, Е. С. Абакумов. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 222 с.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. — М.: МЧС России, 2009. — 45 с.
6. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения. Введ. 01.05.2009. — М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 14 с.
7. Иличкин В. С., Фукалова А. А. Токсичность продуктов горения полимерных материалов: Обзорная информация. — М.: ГИЦ, 1987. — 68 с.
8. Harold L. Kaplan, Gordon E. Hartzell. Modeling of Toxicological Effects of Fire Gases: I. Incapacitation Effects of Narcotic Fire Gases // Journal of Fire Sciences. — 1984. — Vol. 2. — P. 286—305.
9. Пузач С. В., Акперов Р. Г. Экспериментальное определение удельного коэффициента образования монооксида углерода при пожаре в помещении // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25. — № 5. — С. 18—25.
10. Пузач С. В., Нгуен Тат Дат. Критическое значение концентрации монооксида углерода при пожаре в помещении

- // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2016. — Т. 1. — № 1. — С. 181—183.
11. **Нгуен Тат Дат.** Время блокирования путей эвакуации монооксидом углерода при пожаре на объектах энергетики Вьетнама: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: АГПС МЧС России, 2018. — 24 с.
 12. **Пузач С. В., Сулейкин Е. В.** Новый теоретико-экспериментальный подход к расчету распространения токсичных газов при пожаре в помещении // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25. — № 2. — С. 13—20.
 13. **Об экспериментальной оценке** токсичности продуктов горения при пожаре в помещении / С. В. Пузач, Е. В. Сулейкин, Р. Г. Акперов, В. Г. Пузач // Технологии техносферной безопасности. — 2013. Выпуск 4 (50). — С. 1—9.
 14. **Патент РФ** на полезную модель № 174688. Установка для определения пожарной опасности конденсированных материалов при их термическом разложении / Патентообладатели: Е. В. Сулейкин, Р. Г. Акперов, С. В. Пузач. Заявка 20.04.2017, регистрация 26.10.2017. Бюл. № 30-2017.

S. V. Puzach, Professor, Head of Department, e-mail: puzachsv@mail.ru,
O. B. Boldrushkiev, Post-Graduated Student, **E. V. Suleykin**, Lecturer, State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow

Defining the Specific Formation Coefficient and the Critical Partial Density of Hydrogen Cyanide at the Fire Indoors

The analysis of the effects of hydrogen cyanide on a person during his evacuation in case of fire was performed. It is presented that in the regulatory literature on fire safety there are no data on the release of hydrogen cyanide and the existing critical value of the partial density of hydrogen cyanide is significantly overestimated, which makes impossible to calculate the time to blocking evacuation routes by increased concentration of hydrogen cyanide when calculating fire risks. An experimental setup and a methodology for conducting experiments have been developed, which makes possible to measure the partial density of hydrogen cyanide and the specific mass coefficient of its formation during combustion of various substances and materials. Experimental dependences of the partial density of hydrogen cyanide and specific coefficients of its release on experimental time were obtained for the case of combustion of the communication cable "LESS SMOKE", which allow calculating the time for blocking evacuation routes by hydrogen cyanide and expanding the existing database of typical fire load.

Keywords: fire; hydrogen cyanide; partial density; toxicity; critical concentration; thermal decomposition; burning; isolation of a cable

References

1. **Beleshnikov I. L.** Sudebno-meditsinskaya otsenka sodержaniya tsianidov v organakh i tkanyakh lyudey, pogibshikh v usloviyakh pozhara: avtoreferat dis. kand. med. nauk. Saint-Petersburg, 1990. 24 p.
2. **Puzach S. V.** Metody rascheta teplomassoobmena pri pozhare v pomeshchenii i ikh primeneniye pri reshenii prakticheskikh zadach pozharovzryvobezопасnosti. Moscow: State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2005. 336 p.
3. **Koshmarov Yu. A.** Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii. Moscow: State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2000. 118 p.
4. Noviyе predstavleniya o raschete neobkhodimogo vremeni evakuatsii lyudey i ob effektivnosti ispolzovaniya portativnykh filtruyushchikh samospasateley pri evakuatsii na pozharakh / S. V. Puzach, A. V. Smagin, O. S. Lebedchenko, E. S. Abakumov. Moscow: State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2007. 222 p.
5. **Metodika** opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroyeniyakh razlichnykh klassov funktsionalnoy pozharnoy opasnosti. Moscow: Emercom of Russia Publ., 2009. 45 p.
6. **Mesta** dislokatsii podrazdeleniya pozharnoy ohrany. Porjadok i metodika opredeleniya. Vvedeny 01.05.2009.
7. **Ilichkin V. S., Phukalova A. A.** Toksichnost produktov goreniya polimernix materialov: Obzornaya informatsiya. Moscow: GIC, 1987. 68 p.
8. **Harold L. Kaplan, Gordon E. Hartzell.** Modeling of Toxicological Effects of Fire Gases: I. Incapacitation Effects of Narcotic Fire Gases. *Journal of Fire Sciences*. 1984. Vol. 2. P. 286—305.
9. **Puzach S. V., Akperov R. G.** Eksperimentalnoe opredelenie udelnogo koefitsienta obrazovaniya monooksida ugleroda pri pozhare v pomeshchenii. *Pozharovzryvobezопасnost*. 2016. Vol. 25. No. 5. P. 18—25.
10. **Puzach S. V., Nguen Tat Dat.** Kriticheskoe znachenie koncentracii monoksida ugleroda pri pozhare v pomeshchenii. *Pozharnaya bezопасnost: problemy i perspektivy*. 2016. Vol. 1. No. 1. P. 181—183.
11. **Nguen Tat Dat.** Vremya blokirovaniya putey evakuatsii monooksidom ugleroda pri pozhare na obektah energetiki Vьетnama: avtoref. dis. kand. tech. nauk. Avtoreferat dis. kandidata tekhnicheskikh nauk. Moscow: State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2018. 24 p.
12. **Puzach S. V., Suleykin E. V.** Novyj teoretiko-eksperimental'nyj podhod k raschetu rasprostraneniya toksichnykh gazov pri pozhare v pomeshchenii. *Pozharovzryvobezопасnost*. 2016. Vol. 25. No. 2. P. 13—20.
13. Ob eksperimental'noj ocenke toksichnosti produktov goreniya pri pozhare v pomeshchenii / S. V. Puzach, E. V. Suleykin, R. G. Akperov. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezопасnosti*. 2013. No. 4 (50). P. 1—9.
14. **Patent RF** na poleznuju model. No. 174688. Ustanovka dlja opredeleniya pozharnoy opasnosti koydensirovannykh materialov pri ih termicheskom razlozhenii. Patentobladateli E. V. Suleykin, R. G. Akperov, S. V. Puzach. Zayavka 20.04.2017, registratsiya 26.10.2017. Bul. No. 30-2017.



УДК 631.243.33

Е. Ю. Кодряну, магистрант, e-mail: kodryanu.ekaterina@mail.ru,
А. Б. Дягилева, д-р хим. наук, проф. кафедры, Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

Сравнительный анализ реагентов для снижения пылимости и защиты зернохранилищ от пожароопасных ситуаций с обеспечением сохранения качества зерна

Рассмотрены методы снижения пылеобразования в зоне хранения зерна посредством реагентной обработки. Выявлен важный аспект повышения пожаробезопасности, а именно борьба с вредителями, воздействие которых приводит к увеличению рыхлости структуры зерна и повышению воспламеняемости. Дана сравнительная характеристика методов реагентной обработки зерна при возникновении пожаров. По фактору обеспечения пожаробезопасности зернохранилищ даны рекомендации по применению реагентов.

Ключевые слова: реагентная обработка зерна, пожаробезопасность зерна, тушение пожаров зерна, качество зерна

Проблемы сохранения качества зерна при существующих способах обеспечения пожаробезопасности зернохранилищ остаются актуальными в условиях интенсивного развития агропромышленного комплекса страны. Сегодня достаточно широки возможности предотвращения возникновения пожароопасных ситуаций с зерном посредством применения реагентной обработки с использованием веществ, которые при применении для тушения пожаров зерна обеспечивают максимальную сохранность его и пригодность к употреблению.

Важнейшими показателями сохранения качества зерна и защиты от пожароопасных ситуаций является комплекс мероприятий [1], включающий: контроль допустимой влажности зерна (до 14 %), соблюдение оптимального температурного режима (10 °С), активная просушка и вентилирование зерна, а также отсутствие воспламеняющих факторов.

На современных зернохранилищах все узлы перегрузки и пересыпки зерна должны быть обеспечены аспирационными всасывающими установками [2]. Данные установки способны удалять подверженную воспламенению зерновую пыль из зоны хранения зерна в шламохранилища посредством ее уплотнения. В большинстве случаев данного технологического приема оказывается недостаточно для полной защиты зернохранилища от возможного возгорания, поэтому дополнительно применяется реагентная обработка зерна.

Риск увеличения количества зерновой пыли в зоне хранения зерна активно повышается при наличии насекомых-вредителей. Продукты

жизнедеятельности насекомых представлены, как правило мелкодисперсными взвешенными веществами в общей органической массе сырья. Количество поврежденных и прорыхленных зерен увеличивается, что снижает качество сырья и создает условия повышенной вероятности воспламенения.

При несоблюдении режима по влажности в зоне хранения зерна интенсифицируется процесс развития плесневелых грибов, происходит дополнительное увлажнение растительного сырья и создание благоприятной среды для развития бактерий, что также повышает риск самовозгорания в зернохранище. Поэтому защита зерна от вредителей является не только важным фактором сохранности качества зерна, но и инструментом в обеспечении его безопасного продолжительного хранения.

Сравнительные характеристики ряда реагентов, которые на современном этапе используются для обработки зерна при закладке его на хранение, приведены в табл. 1.

При любой химической обработке зерна при его хранении возникают дополнительные риски, сопряженные как с используемыми реагентами, так и со способами их нанесения на зерно в зоне его хранения.

Технологию обработки зерна растительным маслом для снижения пылеобразования, позволяющую снизить пыление до 90 %, применяют на крупнейших предприятиях по хранению зерна. Впервые данный метод был применен на Новороссийском зерновом терминале и успешно эксплуатируется в настоящее время [3].

Краткая характеристика реагентов для обработки зерна в зоне его хранения

№ п/п	Наименование реагента	Цель	Эффективность реагента в %	Недостатки	Ссылка
1	Растительное масло	Пыле-подавление	50...90	Выброс масла в атмосферу	[3]
2	"Музалин"		94...98	Эффективность не подтверждена на практике	[4]
3	Газ фосфин	Борьба с вредителями	До 100	Адсорбция токсичного фосфина	[5]
4	Озон		95...100	Риски недостаточной просушки и прорастания	[6, 7]
5	Пиримифос-метил		До 100	Накопление в массе зерна реагента	[8]
6	Зерноспас		До 100	Токсичен	[9]
7	Прокроп			Токсичен	[10]

Примечание. Все реагенты, кроме "музалина", применены на практике.

В пределах своего срока годности растительное масло не является токсичным для человека (при соблюдении условий хранения) и безопасно при последующем употреблении в пищу зерна. Срок годности рафинированного подсолнечного масла согласно нормативным требованиям [11] составляет 6 месяцев, однако на основании лабораторных испытаний производитель этого продукта может обосновать более длительный период его годности. Таким образом, растительное масло имеет ограничения по срокам закладки зерна на хранение.

Для обеспечения сохранности качества и безопасности продукта необходимо предусматривать дополнительные технические решения, связанные с подготовкой и хранением основного реагента в виде растительного масла.

Расход растительного масла для обеспыливания составляет 160...200 см³ на 1 т зерна. Однако при проведении операций транспортировки, пересыпки зерна, а также при хранении масла в резервуарах происходит выброс этого реагента в атмосферу в виде масляного тумана. Выброс нормируется по маслу хлопковому. Ориентировочный безопасный уровень воздействия вещества (ОБУВ) составляет 0,1 мг/м³. При проектировании необходимо предусматривать контроль выброса этого компонента на территории промплощадки и оценивать допустимую величину воздействия на границе санитарно-защитной зоны хранилища.

Для аналогичных целей возможно использование реагента "музалин" — водного раствора бишофита [4]. Автор этого изобретения рекомендует использовать его при транспортировке и длительном хранении зерна. Эффективность метода по данным исследования составляет до 98 %. Эта

эффективность по пылеподавлению достигается за счет инкрустирования поверхности зерен злаковых культур.

Обработка зерна "музалином" [4], точнее раствором бишофита с плотностью 1,01...1,065 г/см³, не приводит к ухудшению потребительских свойств продукта. Это природное минеральное вещество обладает адгезионными свойствами и хорошо снижает пылимость зерна. Способность этого реагента к подавлению пыли обеспечена тем, что при нанесении на поверхность органического зерна слоя неорганического вещества приводит к снижению порога воспламеняемости тела, что способствует увеличению температуры вспышки.

Химический состав "музалина" обусловлен его формой на основе MgCl₂·6H₂O, что соответствует содержанию Mg — 11,9 %, Cl — 35,0 %, H₂O — 53,1 %. В общем составе могут содержаться следы брома Br и других микроэлементов. Расход вещества на пылеподавление составляет от 0,05 до 4 дм³/т зерна. Основной компонент магний хлористый MgCl₂ не токсичен для человека, стерилен, пожаро- и взрывобезопасен, однако класс опасности этого вещества — 3. В случае использования недостаточно качественного исходного материала с учетом включения тяжелых металлов класс опасности этого реагента может быть выше.

Следует отметить, что присутствие в составе бишофита соединений магния может изменять вкусовые свойства зерна, если не соблюден технический регламент обработки. Общие потребительские качества зерна за счет поверхностной обработки остаются достаточно высокими.

Проводя аналогию состава бишофита с другими препаратами, можно заметить, что MgCl₂



используется для протравки зернопродуктов с целью уничтожения вредоносных насекомых и микроорганизмов. Данная область применения бишофита является перспективной, однако в настоящее время отсутствуют лабораторные испытания, подтверждающие эту концепцию в технологии хранения зерна.

При фумигации зерна газом фосфином обычно используют фосфиды алюминия и магния в виде таблеток или пластин. Реакция с влажным воздухом приводит к выделению газа фосфин, который является ядовитым взрывоопасным газом, именно он и уничтожает насекомых. При этом фосфин адсорбируется на поверхности зерна, его содержание в зерне может достигать 3 мг/кг. При применении этого процесса необходимо предусматривать мероприятия по индивидуальной защите персонала. Само вещество может вызывать у человека хроническое или острое отравление, причем во многих случаях отравление приводит к летальному исходу.

Процессы озонирования все шире используются во всех отраслях хозяйства. Озон обладает сильными окислительными свойствами и способствует обеззараживанию различных поверхностей, в том числе и зерна. Озонирование зерна целесообразно проводить в три этапа [6]: 1 — обработка озонированной водой; 2 — обработка озонированной водой с перемешиванием; 3 — обработка в электромагнитном поле сверхвысокочастотного излучения (СВЧ) с последующей просушкой. В таком режиме обработки это технологическое решение является достаточно энергоемким, но его эффективность в борьбе с вредителями имеет явное преимущество в отсутствии токсичного следа на поверхности зерна, что обеспечивает его высокое качество.

Основные мероприятия по снижению риска при использовании озона при обработке зерна должны быть направлены на организацию системы вентиляции и контроля за концентрацией озона на промышленной площадке. Газ озон, относящийся к 1-му классу опасности, оказывает отрицательное воздействие на здоровье обслуживающего персонала [7]. Предельно допустимая максимально разовая концентрация (ПДК_{мр}) вещества составляет 0,16 мг/м³. Важно отметить, что при озонировании структура оболочки зерна изменяет свою модификацию, становится ороговевшей, т. е. происходит ее уплотнение.

Метод холодной небулизации основан на обработке зерна аэрозолем пиримифос-метила. Этот метод разработан компанией "Сожем" (Франция) [8]. Данный реагент проявляет слабую токсичность для человека при употреблении внутрь, при контакте и через аэрозоль. Однако

выполнение работ с препаратом запрещается без средств индивидуальной защиты органов дыхания, глаз и кожи и требуется соблюдение мер безопасности [12]. Следует отметить особую токсичность этого компонента для водных организмов, что необходимо учитывать при дальнейшем использовании сырья, так как это обработанное зерно может являться источником вторичного загрязнения биосферы.

Другие модификации реагентов разработаны [13, 14] на сочетании свойств пиримифос-метила и бифентрина в отношении разных видов вредных насекомых, что позволило представить на рынке биинсектицид Зерноспас, Прокроп [10] и другие модификации инсектицидов контактного действия, таких как Талстар, Актеллик.

Исследования данных препаратов показали, что при обработке зерна реагентом и подборе оптимального расхода реагента уже через 7 суток наблюдается гибель 100 % насекомых [13]. Однако в публикациях не приводится оценка риска при использовании обработанного зерна в ежедневном рационе как животных, так и человека. Эта зона риска остается недостаточной изученной в проектных и технических решениях при разработке систем эксплуатации зернохранилищ.

Другими важными составляющими, которые определяют качество зерна при его хранении, являются способ и средства обеспечения пожаробезопасности зернохранилищ.

Несмотря на многообразие выбора решений по обеспечению защиты зерна от пожаров, угроза возникновения пожаров остается достаточно высокой и требует анализа существующих решений для обоснования наиболее перспективных технологий в сочетании с сохранением потребительских качеств важного продукта.

При выборе метода пожаротушения принято руководствоваться следующими критериями: оптимальные затраты, минимальный ущерб окружающей среде, безопасность персонала и населения, сохранение свойств и качества зерна. Сочетание этих критериев и их оптимизация позволяют проектировать перспективные технологии в этом секторе хозяйственной деятельности. Сравнительная характеристика методов пожаротушения, которые возможно использовать при проектировании, представлена в табл. 2.

Наиболее предпочтительным для обеспечения пожаротушения является жидкий CO₂, так как он обеспечивает высокую эффективность пожаротушения без существенного ущерба окружающей среде и человеку. Расход CO₂ составляет 1,4...1,7 кг/м³ зерна при закладке. Большая цена установок с углекислым газом оправдывается обеспечением сохранности качества основного

Сравнительная характеристика методов пожаротушения

№ п/п	Метод пожаротушения	Температура очага, °С	Издержки	Безопасность	Изменение качества зерна	Ссылка
1	Перегретым паром	< 250	Затраты на парогенерацию, на просушку	Опасно для персонала. Ущерб производству и населению отсутствует	Набухание, избыточная влажность зерна	[15]
2	Водяными растворами пенообразователей	> 250	Многokратные затраты	Брожение продукта, выделение взрывоопасных газов	Наличие ПАВ	[16, 17]
3	Жидким диоксидом углерода		Затраты на углекислотные установки	Ненормируемый выброс CO ₂ . Относительно безопасно для персонала, безопасно для населения	Не изменяет качество зерна	[18]
4	Комбинированный метод (подача газа и растворов пенообразователей)		Наиболее затратный	Небезопасно для персонала и для населения; экологически небезопасно	Наличие ПАВ	[17, 18]

продукта хранения, особенно при проектировании больших зернохранилищ, где возможны пожары больших масштабов.

Расход пенообразователя на тушение пожара (см. табл. 2, п. 2) составляет 6...7 кг/м³ продукта, или 0,04...0,06 л/с на 1 кг продукта, что значительно больше, чем расход CO₂. Использование пены является неэкономичным и экологически нецелесообразным, ведет к многократным затратам: потери зерна при нештатных ситуациях, расходы на содержание системы пожаротушения, а также на организацию дополнительных мероприятий по устранению последствий тушения пожара, в том числе для систем водоотведения.

Данный метод пожаротушения оказывает негативное влияние на прилегающую территорию и на инфраструктуру площадки. Нахождение продукта в силосах более суток после начала тушения пожара приводит к брожению продукта и выделению дополнительных токсичных и взрывоопасных газов [16]. Кроме того, при внедрении экологического менеджмента с обеспечением жизненного цикла пенообразователя требуются дополнительные затраты на организацию мероприятий по утилизации. Этот метод требует обучения и четкой организации персонала на промплощадке.

Проанализировав представленные данные, можно сделать вывод, что для снижения пылеобразования в зоне хранения зерна наиболее применимым является "музалин", он не токсичен, высокоэффективен, в том числе обладает свойством снижать пожароопасность зерна, по сравнению с использованием растительного масла.

В борьбе с вредителями наиболее перспективным можно считать метод озонирования. Озон

способствует уничтожению вредоносных для зерна насекомых и микроорганизмов, а также благодаря модификации оболочки зерна обеспечивает повышение пожароустойчивости продукта.

Важным мероприятием является отработка технологических решений по предусматриванию особой верхней зоны хранения зерна с отведением взрывоопасных газов. Это может быть обеспечено разработкой системы вентиляции с устройством труб и клапанов. Новые зернохранилища необходимо размещать в зонах с отсутствием плотной жилой застройки, максимально приближенных к местам предварительной обработки.

Предупреждение возникновения пожароопасных ситуаций и организация мероприятий по пожаротушению с обеспечением сохранности качества зерна в настоящее время не могут быть реализованы в полной мере, если не учитывать систему устойчивого развития регионов и пищевую безопасность.

Сохранение качества зерна при длительном хранении может быть достигнуто при соблюдении специальных мероприятий и разработке новых технологических решений. Наиболее приемлемым технологическим решением является сочетание обработки зерна перед закладкой: озонирование → нанесение "музалина". В качестве мероприятий по пожаротушению следует применять метод с использованием диоксида углерода.

Другим перспективным направлением может являться получение новых органоминеральных композиций для снижения пылимости и повышения пожароустойчивости, которые будут сохранять потребительские качества зерна. К таким композициям можно отнести модифицированные формы лигнина [19].



Список литературы

1. **Технический регламент** Таможенного союза ТР ТС 015/2011 "О безопасности зерна" (с изменениями на 15 сентября 2017 г.).
2. **Указания по проектированию** аспирационных установок предприятий по хранению и переработке зерна и предприятий хлебопекарной промышленности. Утверждены приказом Минсельхозпрода России от 26.03.98 № 169.
3. **Официальный сайт** Новороссийского зернового терминала. URL: <http://www.nzt.ru> (дата обращения 04.03.2019).
4. **Патент № 2516653 РФ**. Пылеподавитель при транспортировке и хранении зерна "музалин". Автор Маслов М. А. Код МПК C09K 3/22: Материалы, не отнесенные к другим рубрикам, — для защиты от пыли или для пылепоглощения. URL: <http://allpatents.ru/patent/2516653.html> (дата обращения 30.04.2019).
5. **Калашникова Н. А., Догадин А. Л.** ГНУ Важнейшая роль в предотвращении потерь хранящегося зерна принадлежит защите его от повреждения насекомыми. URL: <http://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/18/eksperimentypraparatomnaosnovfosfidamagniya.pdf> (дата обращения 30.04.2019).
6. **Патент № 2369062 РФ**. МПК A01C 1/00. Способ обработки семян сельскохозяйственных культур и устройство для его реализации / Е. В. Тышкевич, А. М. Курочкин (ГНУ Костромской НИИСХ). № 2008106179/13. Заявлен 18.02.2008. Опубликовано 10.10.2009 // БИПМ. — 2009. — № 18.
7. **Миляев В. А., Котельников С. Н.** Ядовитый озон. Новая экологическая угроза для России // Экология и жизнь. — 2008. — № 2. — С. 53—54.
8. **Официальный сайт компании "Сожем"**. URL: <http://sojam.ru/pirigrain/> (дата обращения 20.04.2019).
9. **Официальный сайт** Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ). URL: <http://vniiz.org> (дата обращения 30.04.2019).
10. **Официальный сайт АО "ФМРус"**. URL: <http://www.fmrus.ru/products/prosgor> (дата обращения 23.04.2019).
11. **ГОСТ 1129—2013**. Масло подсолнечное. Технические условия (с Поправкой).
12. **СанПиН 1.2.2584—10** Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов.
13. **Современные методы, средства и нормативы** в области оценки качества зерна и зернопродуктов: Сборник материалов 14-й Всероссийской научно-практической конференции (5—9 июня 2017 г., г. Анапа) / КФ ФГБНУ "ВНИИЗ". — Анапа, 2017. — С. 25—30.
14. **Патент № 2478289 РФ**. Способ защиты зерна от вредителей / Г. А. Закладной, А. Л. Догадин, А. В. Влащенко, А. В. Фернас. Заявлен 01.09.2011. Опубликовано 10.04.2013.
15. **Патент № 1695946 РФ**. Способ тушения пожаров / Е. С. Павлов. Опубликовано 25.04.1989.
16. **Любимов В. Н., Скушников А. И.** Использование водорастворимых полимеров для повышения устойчивости противопожарных пен // Безопасность в техносфере. 2014. № 4.
17. **Официальный сайт ООО "Завод средств пожаротушения"**. URL: <https://www.penoobrazovatel.ru> (дата обращения 23.04.2019).
18. **Патент № 2302887 РФ**. Способ тушения пожара / Патентообладатель: Г. Г. Плехов. Заявлен 10.09.2003. Опубликовано 20.07.2007.
19. **Патент № 2658907 РФ**. Способ модификации лигнина путем золь-гель синтеза с минеральными компонентами / А. Б. Дягилева, Д. В. Дягилев, А. У. Присмакова, А. И. Смирнова Патентообладатель: А. Б. Дягилева. Заявлен 10.03.2010. Опубликовано 20.06.2018.

Е. У. Kodryanu, Master Degree Student, e-mail: kodryanu.ekaterina@mail.ru,
А. В. Diaghileva, Professor, Higher School of Technology and Energy
of Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Comparative Analysis of Reagents to Reduce Dust and Protect Granaries From Fire Situations to Ensure the Preservation of Grain Quality

In this paper, we consider methods for reducing dust generation in the grain storage area by means of reagent treatment. Identified an important aspect of improving fire safety, namely pest control, whose activity leads to an increase in the looseness of the grain structure and increased flammability. A comparative description of the methods of grain reagent processing in case of fires is given. According to the fire safety factor of granaries, recommendations on the use of reagents are given.

To reduce dust formation in the grain storage area, "muzalin" is the most applicable, it is non-toxic, highly effective, including the ability to reduce the fire hazard of grain, compared with the use of vegetable oil.

In pest control, the most promising is the ozonation method. Ozone contributes to the destruction of insects and microorganisms harmful to the grain, and also due to the modification of the shell of the grain provides an increase in the fire resistance of the product.

Liquid CO₂ is the most preferable to provide fire extinguishing, as it provides high fire extinguishing efficiency without significant damage to the environment and humans. The high cost of installations with carbon dioxide is justified by ensuring the preservation of the quality of the main storage product, especially when designing large granaries, where large-scale fires are possible.

The most acceptable technological solution for long-term storage is the combination of grain processing before laying: ozonation → application of "muzalin". Carbon dioxide method should be used as fire fighting measures.

Keywords: chemical treatment of grain, of grain fire safety, fire-fighting grain

References

1. **Technical Regulations** of the Customs Union of the TR CU 015/2011 "On the safety of grain" (as amended on September 15, 2017).
2. **Guidelines for the design** of aspiration systems for grain storage and processing enterprises and bakery industry enterprises. Approved by order of the Ministry of Agriculture and Food of Russia dated March 26, 1998. No. 169.
3. **The official site of Novorossiysk Grain Terminal.** URL: <http://www.nzt.ru> (date of access 04.03.2019).
4. **Patent No. 2516653 Russian Federation.** Dust suppressor during transportation and storage of muzalin grain. Author Maslov M. A. IPC Code C09K 3/22: Materials not covered by other rubrics — for protection against dust or for dust absorption. URL: <http://allpatents.ru/patent/2516653.html> (date of access 30/04/2019).
5. **Kalashnikova N. A., Dogadin A. L.** GNU VNII of grain and products of its processing (GNU VNIZ). "The most important role in preventing the loss of stored grain is to protect it from insect damage". URL: <http://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/18/eksperimentspreparatomaosnovofosfidamagniya.pdf> (date of access 30.04.2019).
6. **Patent No. 2369062 Russian Federation.** IPC A01C 1/00. The method of processing seeds of agricultural crops and the device for its implementation. E. V. Tyshkevich, A. M. Kurochkin (GNU Kostroma Research Institute of Agriculture). # 2008106179/13. Declared 18.02.2008. Publication 10.10.2009/ *BIPM*. 2009. № 18.
7. **Milyaev V. A.** Poisonous ozone. A new environmental threat to Russia / V. A. Milyaev, S. N. Kotelnikov. *Ecology and life*. 2008. No. 2. P. 53—54.
8. **The official site of the company "Sozham".** [Electronic resource] // URL: <http://sojam.ru/pirigrain/> (date of access 20.04.2019).
9. **The official website** of the All-Russian Scientific Research Institute of Grains and Products of its Processing (VNIIZ). URL: <http://vniiz.org> (c date of access 30.04.2019).
10. **The official site of JSC "FMRus"** / [Electronic resource] // URL: <http://www.fmrus.ru/products/procrop> (date of access 23.04.2019).
11. **GOST 1129—2013** Sunflower oil. Technical conditions (with amendment).
12. **SanPiN 1.2.2584—10.** "Hygienic requirements for the safety of the processes of testing, storage, transportation, sale, use, disposal and disposal of pesticides and agrochemicals.
13. **Modern methods**, means and standards in the field of assessment of the quality of grain and grain products: Collection of materials of the 14th All-Russian Scientific and Practical Conference (June 5—9, 2017, Anapa) / KF FSB "VNIIZ". Anapa, 2017. P. 25—30.
14. **Patent No. 2478289 Russian Federation.** Method of protecting grain from pests / G. A. Zakladnoy, A. L. Dogadin, A. V. Vlashchenko, A. V. Fernas. Declared 01.09.2011.
15. **Patent No. 1695946 Russian Federation.** The method of extinguishing fires / E. S. Pavlov. Publication 25.04.2019.
16. **Lyubimov V. N., Skushnikova A. I.** The use of water-soluble polymers to increase the stability of fire-fighting foams. *Security in the Technosphere*. 2014. No. 4.
17. **The official site** of LLC Plant of Fire Extinguishing Products. URL: <https://www.penoobrazovately.ru> (date of access 04.04.2019).
18. **Patent No. 2302887 Russian Federation.** Fire extinguishing method / G. G. Plekhov. Declared 10.09.2003. Publication 20.07.2007.
19. **Patent No. 2658907 Russian Federation.** The method of modification of lignin by sol-gel synthesis with mineral components. A. B. Dyagileva, D. V. Dyagilev, A. E. Prisma-kova, A. I. Smirnova. Patentee: A. B. Dyagileva. Declared 10.03.2010. Publication 26.06.2018.

Информация

Начинается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2020 г.

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении,
через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала

Подписной индекс по Объединенному каталогу

"Пресса России" — 79963

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

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

УДК 551.510: 662.61.074

В. Д. Катин^{1,2}, д-р техн. наук, проф. кафедры, **Р. В. Долгов**¹, ст. преп.,
М. Х. Ахтямов¹, д-р биол. наук, проф., директор института, зав. кафедрой,
В. Ю. Косыгин, д-р геол.-мин. наук, вед. науч. сотр.³, проф. кафедры¹,
e-mail: kosyginv@inbox.ru

¹ Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

² Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

³ Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск

Экспериментальные исследования экологичности работы дутьевых горелок трубчатых печей и разработка математических моделей уровней шума и концентраций оксидов азота

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния степени крутки воздуха в дутьевых газовых горелках на концентрацию оксидов азота и уровень создаваемого шума при их работе. Разработаны математические модели выбросов оксидов азота и уровней шума в зависимости от степени крутки воздушного потока. Показано, что с увеличением параметра крутки воздуха возрастают уровни звукового давления и концентрации оксидов азота при эксплуатации дутьевых горелок на нефтезаводских печах. Приведены экологические преимущества горелочных устройств типа ГП-2 как малозумных, так и малотоксичных горелок из числа исследованных. Разработаны рекомендации по повышению экологической безопасности работы дутьевых горелок на трубчатых печах.

Ключевые слова: газовые дутьевые горелки, нефтезаводские трубчатые печи, параметр крутки воздуха, комплексные экспериментальные исследования, токсичность продуктов горения, концентрация оксидов азота, уровень шума, математические модели, линейные уравнения регрессии, окружающая среда

Введение

Процесс сжигания топлива в технологических трубчатых печах на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) сопровождается как выбросом загрязняющих веществ в атмосферу, так и повышенным уровнем шума, создаваемым горелочными устройствами (ГУ). В то же время любая конструкция ГУ должна отвечать современным экологическим требованиям по минимальному вредному выбросу в окружающую среду и малозумной работе, сформулированным в действующем Федеральном законе "Об охране окружающей среды". В связи с этим реальное применение и перспективность использования новых технологий на НПЗ должны представляться с учетом следующих негативных экологических последствий: загрязнения воздушного бассейна и шумового воздействия.

Решение поставленной комплексной проблемы уменьшения вредных выбросов с продуктами сгорания и сопутствующего снижения создаваемого уровня шума при работе ГУ на НПЗ требует от специалистов и ученых строго научного подхода, точной оценки степени и характера негативного влияния тех или иных техногенных факторов на состояние окружающей среды, в том числе выбросов вредных веществ в атмосферу и шумового загрязнения. Поэтому обоснование, исследование и правильный выбор как малозумных, так и малотоксичных ГУ из числа действующих топливосжигающих устройств в настоящее время является весьма актуальной задачей как для ученых, так и для эксплуатационников. Причем для последних — это реальное применение в заводских условиях наиболее эффективных шумозащитных и воздухоохраных мероприятий, направленных на защиту окружающей среды и от химического, и от шумового загрязнения.

Объекты исследования

Топочный процесс в трубчатых печах определяется режимными и конструктивными факторами. К числу последних можно отнести: тепловое напряжение поверхности нагрева и объема топки, тип и компоновка ГУ на печах, форма воздушных регистров ГУ и степень крутки воздушного потока в дутьевых горелках. Названные факторы и параметры существенно определяют характер горения и оказывают влияние на сопутствующие процессы образования вредных веществ в продуктах сгорания [1, 2]. В то же время нельзя не отметить, что исследований, посвященных решению проблемы сокращения вредных выбросов из нефтезаводских печей, в целом достаточно [3–5]. Однако вопросы влияния конструктивных параметров дутьевых ГУ на уровень создаваемого шума при их работе практически не изучены, что связано с достаточной сложностью происходящих физико-химических явлений в процессе горения [6, 7].

По данным работ [1, 8] метод сжигания газа в закрученном воздушном потоке в котельных и печных агрегатах нашел широкое распространение, поскольку он позволяет уменьшить длину пламени дутьевой горелки, а также обеспечить хорошие условия для стабилизации пламени и совместить сжигание газа с резервным топливом (мазутом) в одном корпусе ГУ. Обычно дутьевые горелки komponуются на боковых стенках топки котла или печи. В то же время ГУ данного типа различаются размещением сопловых отверстий для выхода газа (с центральной, периферийной или комбинированной подачей газа) и конструкцией устройства для крутки воздушного потока (простой тангенциальный, улиточный, тангенциальный лопаточный, аксиальный лопаточный и др.).

Основной характеристикой потока, определяющей степень его закрученности, является угол подъема потока по спирали (угол между направлением основного потока и плоскостью, перпендикулярной к оси потока). Этот угол изменяется в осевом и радиальном направлении и в направлении разных радиусов в одной плоскости.

В качестве характеристики потока, увязывающей его аэродинамику с конструкцией закручивателя, принят параметр крутки воздуха n , рассчитываемый по методике, изложенной в работе [8].

Принципиальные схемы указанных типов завихрителей воздуха дутьевых газовых горелок, взятых для исследований, представлены на рис. 1.

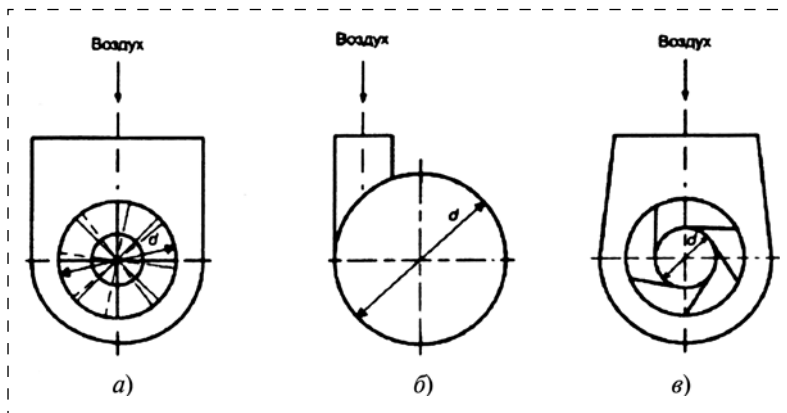


Рис. 1. Принципиальные схемы завихрителей дутьевых горелочных устройств:

a — аксиальный лопаточный (А); b — тангенциальный (Т); c — тангенциальный лопаточный (ТЛ); d — диаметр коллектора горелки

По данным работы [2] токсичность продуктов горения при сжигании газообразного топлива на 90..92 % определяется содержанием в них токсичных оксидов азота (NO_x) при условии обеспечения полноты сжигания газа. От конструктивных особенностей дутьевых горелок зависит качество подготовки газозвушной смеси, скорость протекания реакции горения и формирование температурного поля образуемого факела ГУ.

Далее рассмотрен предложенный авторами подход комплексного решения проблемы снижения выбросов токсичных оксидов азота с учетом сопутствующего шумового загрязнения. Для выполнения поставленной задачи применительно к трубчатым печам Хабаровского НПЗ были проведены экспериментальные исследования экологичности работы различных дутьевых ГУ типа ГП-2, Е-2 и ГП-2,5Д с указанными выше видами завихрителей воздуха: А, Т и ТЛ.

Методика экспериментальных исследований и их результаты

Параметр крутки воздуха устанавливался и определялся путем изменения угла наклона воздушнонаправляющих лопаток при работе ГУ на нефтезаводском газе с постоянным коэффициентом избытка воздуха. При этом концентрация оксидов азота в продуктах горения измерялась с помощью портативного газоанализатора "Testo-350" немецкой фирмы Testoterm, а уровни шума контролировались современным прибором — шумомером марки "Алгоритм-01" польской фирмы Svantek по известной стандартной методике, т. е. на расстоянии 1 м от горелки по ее оси. Опытным путем были получены концентрации оксидов азота C_{NO_x} и уровни создаваемого шума L , приведенные в таблице.



Значения уровней шума и концентрации оксидов азота в зависимости от параметра крутки воздушного потока

Дутьевые ГУ и тип завихрителя	Параметр крутки воздушного потока n	Уровень шума L , дБА	Концентрация оксидов азота C_{NO_x} , мг/м ³
ГП-2 с завихрителем А	0,7	80	155
	1,5	85	170
	2,1	88	179
	2,7	90	182
Е-2 с завихрителем Т	0,5	100	161
	1,2	103	167
	1,8	103,5	177
	2,5	105	185
ГП-2,5Д с завихрителем ТЛ	0,6	95	157
	1,2	97	170
	2,0	98	182
	2,6	100	195

По данным таблицы методом линейной парной регрессии, реализованным в математическом пакете Mathcad-15 [9], были получены следующие линейные уравнения регрессии, описывающие уровень создаваемого шума различными дутьевыми горелками:

для ГП-2 $L = 6,7n + 77$;
 для Е-2 $L = 2,5n + 98,5$;
 для ГП-2,5Д $L = 3n + 93$.

Графики этих уравнений регрессии представлены на рис. 2.

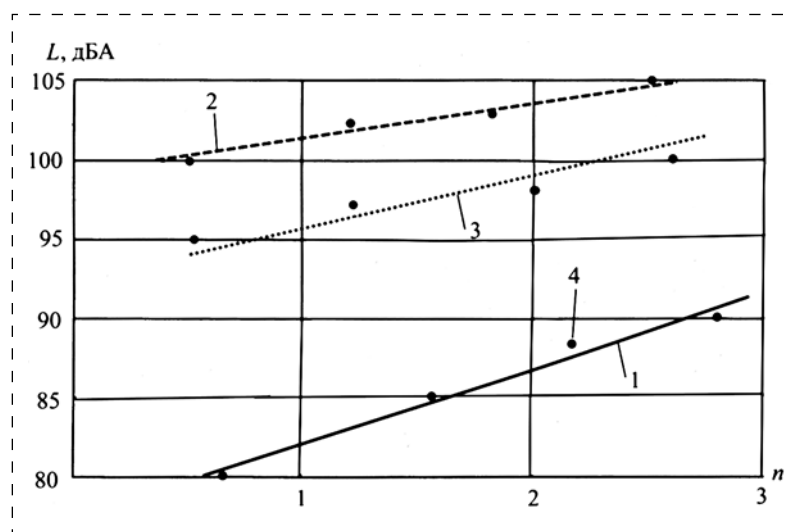


Рис. 2. Влияние степени крутки воздушного потока n на уровень шума L в горелках с различными завихрителями:

1, 2, 3 — прямые линии среднеквадратичной регрессии для горелок соответственно ГП-2 с завихрителем типа А; Е-2 с завихрителем типа Т; ГП-2,5Д с завихрителем типа ТЛ; 4 — точки с экспериментальными координатами n , L

Аналогично были построены следующие линейные уравнения регрессии, описывающие выбросы оксидов азота из различных конструкций дутьевых горелок:

для горелки ГП-2 $C_{NO_x} = 13,5n + 149$;
 для горелки Е-2 $C_{NO_x} = 11,43n + 152$;
 для горелки ГП-2,5Д $C_{NO_x} = 15n + 148$.

Графики этих уравнений регрессии показаны на рис. 3.

Анализ результатов исследований

Анализ регрессионных зависимостей и их графиков позволил установить, что при увеличении степени крутки воздушного потока наблюдается повышение концентрации NO_x в продуктах горения, и этот рост концентрации оксидов азота гораздо выше и быстрее идет у дутьевых горелок типа ГП-2,5Д с завихрителем типа ТЛ (см. рис. 3). Очевидно, что с уменьшением параметра крутки воздушного потока во всех обследованных горелках снижается концентрация оксидов азота в продуктах сгорания. В зависимости от степени крутки подаваемого воздуха в закручиваемом потоке факела образуется зона с температурой, превышающей максимальную температуру в прямом факеле, что связано с большей интенсивностью выгорания и большой турбулентностью. Этим можно объяснить увеличение образования оксидов азота в дымовых газах горелок ГП-2,5Д и Е-2 (см. рис. 3). Полученные авторами опытные данные вполне удовлетворительно согласуются с результатами исследований [1, 8].

Анализ графиков регрессионных зависимостей влияния степени крутки воздушного потока на уровень шума ГУ, представленных на рис. 2, показывает, что с увеличением степени крутки воздушного потока возрастает уровень создаваемого шума при работе ГУ. Это объясняется тем, что сильная закрутка воздушного потока приводит к уплотнению факела, укорочению его длины и появлению шума пламени, что вызывает как повышение уровня звукового давления, так и увеличение выхода NO_x . Таким образом, с целью сокращения выбросов оксидов азота и снижения уровня шума целесообразно эксплуатировать на НПЗ дутьевые газовые горелки с незначительной круткой воздуха в пределах $n = 0,5...0,7$, что будет соответствовать экологическим требованиям, предъявляемым

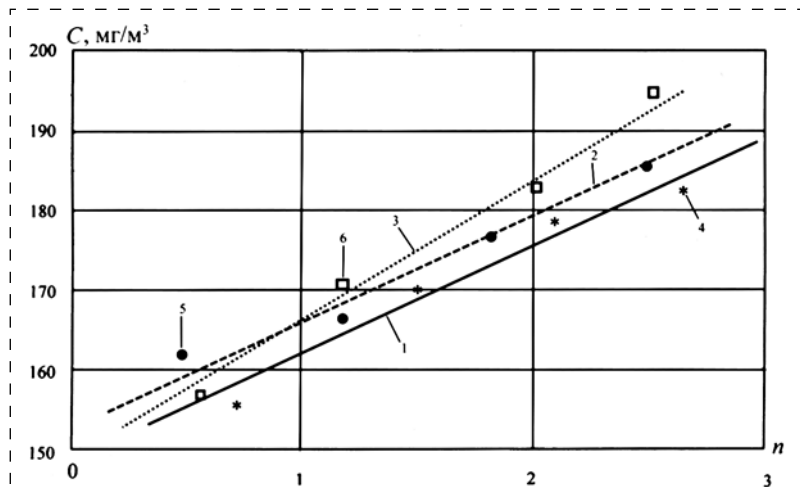


Рис. 3. Влияние параметра крутки воздушного потока на концентрацию оксидов азота в продуктах сгорания дутьевых горелочных устройств: 1, 2, 3 — прямые линии среднеквадратичной регрессии для горелок соответственно ГП-2 с завихрителем типа А; Е-2 с завихрителем типа Т; ГП-2,5Д с завихрителем типа ТЛ; 4, 5, 6 — точки с экспериментальными координатами n , C для горелок соответственно ГП-2; Е-2; ГП-2,5Д

к современным конструкциям ГУ. Среди исследованных дутьевых газовых горелок ГУ типа ГП-2 с завихрителем А являются сравнительно малотоксичными и малозумными (см. рис. 2, 3).

Заключение

Результаты проведенных экспериментальных исследований различных газовых дутьевых ГУ позволяют рекомендовать к преимущественному применению горелки типа ГП-2 с аксиальным лопаточным завихрителем типа А с незначительной степенью крутки воздушного потока. Выбор

подобных горелок из числа обследованных обосновывается допустимым уровнем звукового давления ($L = 80$ дБА) и минимальной концентрацией оксидов азота ($C = 155$ мг/м³) в продуктах горения. При практическом использовании этих рекомендаций данное мероприятие позволит сократить на 15...18 % выбросы в атмосферу токсичных оксидов азота, что существенно оздоровит экологическую обстановку в районе расположения нефтеперерабатывающего предприятия.

Список литературы

1. Ахмедов Р. Б., Цирульников Л. М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. — М.: Недра, 1984. — 238 с.
2. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — СПб.: Недра, 1998. — 312 с.
3. Эльтерман В. Д. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях. — М.: Химия, 1998. — 160 с.
4. Колмогоров А. Н., Катин В. Д. Проектирование высокоэффективных трубчатых печей для НПЗ. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. — 88 с.
5. Катин В. Д. Методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на нефтеперерабатывающих заводах // Безопасность в техносфере. — 2009. — № 1. — С. 50—52.
6. Катин В. Д., Березуцкий А. Ю. Горелки нефтезаводских печей и охрана окружающей среды от химического и шумового загрязнения. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 220 с.
7. Катин В. Д., Мамот Б. А., Балюк А. А. Обеспечение шумобезопасности горелочных устройств нефтезаводских печей. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1997. — 55 с.
8. Ахмедов Р. Б. Дутьевые газогорелочные устройства. — М.: Недра, 1981. — 276 с.
9. Воскобойников Ю. Е. Регрессионный анализ данных в пакете Mathcad. — СПб.: Лань, 2011. — 224 с.

V. D. Katin^{1, 2}, Professor of Chair, R. V. Dolgov¹, Senior Lecturer, M. H. Akhtyamov¹, Professor, Director of Institute, Head of Chair, V. Yu. Kosygin, Leading Researcher³, Professor of Chair¹, e-mail: kosyginv@inbox.ru

¹ Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

² Pacific State University, Khabarovsk

³ Computing Center of the Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

Experimental Researches of Ecological Compatibility of Work of Blowing Torches of Tubular Furnaces and Working out of Mathematical Models of Noise Levels and Concentration of Nitrogen Oxides

Results of experimental researches of influence of air swirl degree in blowing gas torches on concentration of nitrogen oxides and level of created noise are resulted. As objects of ecological researches are offered blowing burner devices with various types of an air stream's swirls: simple tangential T, axial spade A, and tangential



spade TL. The basic schemes, of the specified types of an air stream's swirls of blowing gas torches are resulted. Mathematical models of emissions of nitrogen oxides and noise levels depending on an air stream's swirl degree are developed. It is shown, that with an air swirl parameter increase levels of sound pressure and concentration of nitrogen oxides increase at operation blowing torches on petrofactory furnaces. Ecological advantages of burner devices of type GP-2 as quiet, and little toxic torches from among the investigated are resulted. Recommendations about increase of ecological safety of work of blowing torches on tubular furnaces are developed.

Keywords: blowing gas torches, petrofactory tubular furnaces, parameter of an air swirl, complex experimental researches, toxicity of products of burning, concentration of nitrogen oxides, noise level, mathematical models, linear equations of regress, environment

References

1. **Ahmedov R. B., Cirul'nikov L. M.** Tekhnologiya szhiganiya goryuchih gazov i zhidkih topliv. Moscow: Nedra, 1984. 238 p.
2. **Sigal I. Ya.** Zashchita vozdušnogo bassejna pri szhiganii topliva. Saint-Petersburg: Nedra, 1998. 312 p.
3. **El'terman V. D.** Ohrana vozdušnoj sredy na himicheskikh i neftekhimicheskikh predpriyatiyah. Moscow: Himiya, 1998. 160 p.
4. **Kolmogorov A. N., Katin V. D.** Proektirovanie vysokoeffektivnyh trubchatyh pechej dlya NPZ. Moscow: CNIITEn-eftekhim, 2005. 88 p.
5. **Katin V. D.** Metody sokrashcheniya vrednyh vybrosov v atmosferu na neftepererabatyvayushchih zavodah. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2009. No. 1. P. 50—52.
6. **Katin V. D., Berezuckij A. Yu.** Gorelki neftezavodskih pechej i ohrana okruzhayushchej sredy ot himicheskogo i shumovogo zagryazneniya. Vladivostok: Dal'nauka, 2016. 220 p.
7. **Katin V. D., Mamot B. A., Balyuk A. A.** Obespechenie shumobezopasnosti gorelochnyh ustrojstv neftezavodskih pechej. Moscow: CNIITEneftekhim, 1997. 55 p.
8. **Ahmedov R. B.** Dut'evye gazogorelochnye ustrojstva. Moscow: Nedra, 1981. 276 p.
9. **Voskoboynikov Yu. E.** Regressionnyj analiz dannyh v pakete Mathcad. Saint-Petersburg: Lan', 2011. 224 p.

УДК 621.331:504.3.054

Б. Б. Бобович, д-р техн. наук, проф., e-mail: boris0808@yandex.ru,
Московский политехнический университет

Перевод общественного транспорта на электрическую тягу — путь повышения его экологической безопасности

Возможности повышения экологичности автобусов, работающих на углеводородном топливе, практически исчерпаны. Рассмотрен мировой опыт перехода от автобусов к транспортным средствам, работающим от электроэнергии. Показано, что достигнутые успехи в развитии электробусов, в том числе совершенствование аккумуляторных батарей и зарядных устройств, позволяют считать это направление развития общественного транспорта основным способом оздоровления атмосферного воздуха в крупных городах.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, токсичные газы, общественный транспорт, электробус, аккумуляторная батарея, зарядное устройство

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха занимает лидирующее место среди основных факторов риска для здоровья населения, связанных с окружающей средой. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) 91 % населения планеты живет на территориях, где качество атмосферного воздуха ниже рекомендованного ею уровня. Повышенное содержание в атмосферном воздухе

загрязняющих веществ приводит к заболеваниям не только органов дыхания, но и иммунной, нервной, мочеполовой, костно-мышечной, сердечно-сосудистой и других систем организма, а также к развитию злокачественных новообразований и др. По данным ООН от загрязнения воздуха каждый год умирают 7 млн человек [1].

Несмотря на то что качество атмосферного воздуха в городах Российской Федерации медленно улучшается, оно остается на подавляющей части

территории нашей страны по-прежнему неудовлетворительным. По данным государственного доклада [2] в каждом пятом городе с регулярными наблюдениями уровень загрязнения воздуха в 2017 г. был высоким или очень высоким. В этих городах проживало 13,5 млн человек, что составляет 12 % городского населения страны.

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах страны является автотранспорт. Начиная с 2013 г. объем выбросов от автотранспорта постоянно растет, и в 2017 г. составил 14 448 тыс. т. В 2017 г. увеличение объемов выбросов вредных веществ в воздушный бассейн от автотранспорта по сравнению с 2010 г. составило 10,2 %.

Автотранспорт — крупнейший загрязнитель атмосферного воздуха

Ежегодный валовый объем выбросов от автотранспорта в Российской Федерации составляет 13...14 млн т. Основными загрязняющими веществами, содержащимися в отработанных газах автомобилей и оказывающими негативное воздействие на здоровье людей, являются оксид углерода, углеводородные радикалы, диоксид азота, дисперсные частицы. В частности, сажа является одним из серьезных загрязнителей окружающей среды, содержащихся в выхлопных газах автомобилей. Частицы сажи адсорбируют на своей поверхности химически активные и опасные для здоровья человека органические соединения, содержащиеся в выхлопных газах и вызывающие рак легких. Сажа образуется в значительном количестве при работе дизельного двигателя, что послужило причиной того, что ВОЗ предложила запретить использование автомобилей с дизельным двигателем в городах Европы.

В целях ограничения негативного воздействия автобусов и грузовых автомобилей на

окружающую среду мировое сообщество ввело их оценку по экологическим классам. Нормативы экологических классов устанавливают максимально допустимое содержание токсичных продуктов в выхлопных газах. Отнесение к тому или иному классу осуществляется в зависимости от содержания вредных веществ в отработанных газах. В настоящее время введены шесть стандартов: Евро-1, Евро-2, Евро-3, Евро-4, Евро-5 и Евро-6 (табл. 1) [3].

Как видно из приведенных в таблице данных, допустимое содержание вредных веществ в отработанных газах грузовых автомобилей и автобусов постоянно снижается. Особенно значительно повысились требования к содержанию оксидов азота и дисперсных частиц. Допустимое содержание последних уменьшено в 36 раз. Такое ужесточение требований позволило сократить ущерб окружающей среде за весь срок эксплуатации одного грузового автомобиля или автобуса при переходе от нормативов Евро-0 к нормам Евро-6 в 29 раз [3].

Выполнение требований Европейской экономической комиссии ООН к выбросам вредных веществ с отработанными газами позволило существенно оздоровить обстановку в крупных городах. Это стало возможным благодаря разработке и применению в конструкции автобусов новых технических решений, а также повышению качества углеводородных топлив.

Автобусы, значительная часть которых работает на дизельном топливе, являются источником интенсивного загрязнения воздуха крупных российских городов выхлопными газами с высокой концентрацией токсичных веществ. Средний возраст автобусного парка России составляет 15,5 лет, при этом количество автобусов старше 15 лет составляет 46 %. В структуре автобусного парка почти половина (46 %) автобусы с дизельными двигателями, а автобусов экологических классов Евро-4 и выше всего 15 % [4].

Таблица 1

Нормы содержания вредных веществ в отработанных газах грузовых автомобилей и автобусов массой более 3,5 т по Правилам № 49 ООН, г/кВт·ч

Экологический класс	Год введения		Выбросы вредных веществ, г/кВт·ч			
	Европа	Россия	CO	C _n H _m	NO _x	Дисперсные частицы
Евро-1	1993	—	4,5	1,1	8,0	0,36
Евро-2	1996	2006	4,0	1,1	7,0	0,15
Евро-3	2000	2008	2,1	0,66	5,0	0,1
Евро-4	2005	2010	1,5	0,46	3,5	0,02
Евро-5	2008	2014	1,5	0,46	2,0	0,02
Евро-6	2013	2018	1,5	0,13	0,4	0,01



На автобусы возрастом 16...20 лет и 21...25 лет приходится по 10 % парка, а техника старше 25 лет составляет 32 % парка [5].

Выбросы морально и физически устаревшей техники многократно токсичнее выбросов современных автобусов, поэтому обновление автобусного парка страны является крайне важной задачей, от решения которой зависит качество атмосферного воздуха. Учитывая, что создание абсолютно экологически чистых автомобилей невозможно, и даже автомобили, соответствующие классам Евро-5 и Евро-6, являются загрязнителями атмосферного воздуха, о чем можно судить по данным табл. 1, следует ожидать дальнейшего ужесточения нормативов по содержанию токсичных продуктов в выбросах грузовых автомобилей и автобусов.

Однако возможности дальнейшего уменьшения содержания вредных веществ в выхлопных газах автотранспорта, работающего на углеводородном топливе, в значительной степени исчерпаны. Поэтому дальнейшее улучшение качества атмосферного воздуха возможно при переходе к транспорту, работающему от других источников энергии.

Мировой опыт перевода общественного транспорта на электрическую тягу

С этой целью во многих странах ведутся работы по замене автобусов на электробусы, что позволяет почти полностью исключить выбросы вредных веществ, снизить уровень шума, повысить комфортабельность транспортного средства и снизить расходы на его обслуживание. Электробусы в течение нескольких лет используются в ряде крупных городов мира: Амстердаме и Париже, Лондоне и Осло, Копенгагене и Хельсинки, Нью-Йорке и Лос-Анджелесе и др.

В Китае эксплуатируется 100 000 электробусов, что составляют более 20 % автобусного парка, а в мегаполисе Шэнчжэне с 12-миллионным населением весь общественный транспорт стал электрическим. Электробусы (16 359) ежегодно экономят 345 тыс. т топлива и уменьшают выбросы углекислого газа на 1,35 млн т. Для обслуживания парка электробусов в городе Шэнчжэне построено 510 зарядных станций, где одновременно могут заряжать аккумуляторы 8000 транспортных средств [6].

Большой интерес к электрическому общественному транспорту проявляют страны Латинской Америки. Так, для внедрения разработанной чилийским правительством программы защиты окружающей среды китайская компания Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd. поставит в 2019 г. в Чили 100 автобусов с электрическим приводом, а в дальнейшем к 2050 г. планируется полностью

заменить существующий парк общественного транспорта электробусами.

В Москве на шести городских маршрутах проходят испытания 60 электробусов, которые ежедневно перевозят около 30 тысяч человек [7]. Город планирует ежегодно, начиная с 2019 и по 2021 года, закупать по 300 электробусов, а после 2021 года — 600...800 электробусов в год [8]. Основными поставщиками электробусов для Москвы должны стать отечественные автопроизводители ЛиАЗ, ТролЗА и КамАЗ, характеристика продукции которых представлена в табл. 2 [9].

По предварительным расчетам [10] к 2025 г. 47 % всех автобусов в мире будут электрическими. Такой интерес к электробусам, несмотря на высокую стоимость и другие проблемы, связанные с их эксплуатацией, не случаен. Именно этот вид транспорта позволяет практически полностью исключить загрязнение атмосферного воздуха и обеспечить выполнение постоянно ужесточающихся международных экологических требований по содержанию токсичных веществ в продуктах жизнедеятельности.

Проблемы, связанные с массовым переводом общественного транспорта на электрическую тягу

Одной из наиболее серьезных проблем, препятствующих повсеместному использованию электрического общественного транспорта, является его высокая цена, основной вклад в которую вносит стоимость литий-ионных аккумуляторных батарей. Однако цены на них снижаются по мере увеличения спроса и объемов производства. Так, в 2017 г. стоимость батарей уменьшилась в 5 раз по сравнению с 2010 г. и по расчетам Roland Berger продолжит снижаться, достигнув 125 долл. за 1 кВт·ч к 2030 г. [11].

Другой, не менее острой проблемой, также связанной с аккумуляторными батареями, является скорость их подзарядки. Для быстрого заряда источников энергии необходимы аккумуляторы высокой удельной мощности с увеличенным ресурсом по количеству циклов. Этим требованиям удовлетворяют литий-титанатные аккумуляторы, отличающиеся сверхбыстрой зарядкой — до 90 % емкости за 10 мин и сроком службы до 10 лет. Число циклов заряд/разряд — более 15 000. Важным достоинством таких накопителей энергии является их высокая работоспособность в широком интервале температур от -40 до $+55$ °С.

Быстрая подзарядка на остановках может производиться в автоматическом режиме с использованием выдвижного пантографа, как это показано на рисунке.

Высокую скорость подзарядки и большую удельную мощность источников электропитания

Характеристика отечественных электробусов

Характеристика	Модель электробуса		
	ЛИАЗ-6274	Тролза-52501	НефАЗ-52992
Двигатель	Трехфазный, асинхронный		
	180 кВт	125 кВт	150 кВт
Накопители энергии	Литий-ионные аккумуляторы	Литий-ионные аккумуляторы, 400В, 700 А·ч	Литий-ионные аккумуляторы энергоемкостью 313,6 кВт·ч
Зарядное устройство	Трехфазное 380 В, 90 кВт	Трехфазное 380 В, 90 кВт	Бортовое, установлено на крыше, 40 кВт
Система отопления	Жидкостная с дизельным подогревателем		
Габаритные размеры, мм	12 000 × 2500 × 3500	11 680 × 2520 × 3370	11 760 × 2500 × 3436
Максимальная техническая масса, кг	18 200	17 620	19 000
Пассажировместимость, человек	90	98	110
Максимальная конструктивная скорость движения на горизонтальном участке, км/ч	80	60	70
Максимальный запас хода без подзарядки, км	200	120	200
Максимальный преодолеваемый подъем электробуса, %	12	8	—
Расход электроэнергии на тягу при условной расчетной скорости 23 км/ч на 100 км, кВт·ч	25	25	—
Время полного заряда, ч	6,5	3	8

можно будет достичь при использовании разрабатываемых в настоящее время графеновых аккумуляторов. Такие источники питания способны заряжаться за несколько минут и обладают в 5 раз более высокой удельной емкостью по сравнению с используемыми в настоящее время



Электробус VitoVt производства Белкоммунмаш (Беларусь) с подключенным пантографом во время подзарядки батарей [12]

литий-ионными накопителями энергии. Использование графеновых аккумуляторных батарей позволит увеличить пробег электробуса до 1000 километров на одной зарядке, длительность которой не превышает 10 мин.

Серьезной проблемой в будущем, при выведении электробусов из эксплуатации может стать необходимость максимально полного рециклинга всех его автокомпонентов [13], в том числе аккумуляторных батарей.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ показал, что общественный автомобильный транспорт вносит значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха в столице и других крупных городах страны, что приводит к серьезному ухудшению качества жизни и росту заболеваемости населения. Возможности снижения содержания токсичных выбросов в отработанных газах двигателей внутреннего сгорания, которыми оснащены современные автобусы, практически исчерпаны. Дальнейшее снижение загрязнения



атмосферного воздуха может быть достигнуто при замене традиционных автобусов электробусами, работающими от электрических аккумуляторов. Существующий уровень и перспективы развития этого транспорта, аккумуляторных батарей и необходимой инфраструктуры для их обслуживания позволяют считать это направление развития городского общественного транспорта наиболее экологически и экономически целесообразным.

Список литературы

1. **От загрязнения** воздуха каждый год умирают 7 млн человек — ООН. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/03/05/atmosphere/> (дата обращения 17.06.2019).
2. **Государственный доклад** "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году". М.: Минприроды России; НПП "Кадастр", 2018. 888 с. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/doklad_2017.pdf (дата обращения 17.06.2019).
3. **Азаров В. К., Кутенев В. Ф.** Может ли автомобиль быть экологически чистым? // Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 4 (87). — С. 58—61.
4. **Российский парк автобусов:** основные показатели. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/31815/> (дата обращения 17.06.2019).
5. **Парк автобусов в РФ.** Отчет Russian Automotive Market Research. URL: <https://www.napinfo.ru/infographics/>

- segmenty-rynka/struktura-parka-avtobusov-v-rf-na-01-01-2018-g (дата обращения 17.06.2019).
6. **Весь общественный транспорт** Шэньчжэня стал электрическим. URL: <https://hightech.fm/2018/01/11/2018/01/11/shenzhen-completes> (дата обращения 17.06.2019).
7. **Электробусы** вышли на шестой по счету маршрут в столице. URL: https://www.m24.ru/news/transport/12032019/68717?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения 17.06.2019).
8. **Власти Москвы** планируют закупать до 800 электробусов ежегодно с 2021 года. URL: https://news.rambler.ru/moscow_city/41692694-moskva-ezhegodno-budet-zakupat-po-800-elektrobusev/ (дата обращения 17.03.2019).
9. **Литий-ионные технологии.** URL: <http://www.liotech.ru/>; <http://www.liotech.ru/liaz>; <http://www.liotech.ru/trolza>; <http://www.liotech.ru/nefaz> (дата обращения 17.06.2019).
10. **Electric Buses Will Take Over Half the World Fleet by 2025.** URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-01/electric-buses-will-take-over-half-the-world-by-2025> (дата обращения 17.06.2019).
11. **Цена вопроса.** Газета "Коммерсантъ" № 19 от 02.02.2018, стр. 11. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3533863> (дата обращения 17.06.2019).
12. **Электробус "Vitovt"** производства Белкоммунмаш. URL: https://content.onliner.by/news/2016/06/original_size/5b0cb5285b853f1c2edc5ee1151ccec18.jpg (дата обращения 17.06.2019).
13. **Бобович Б. Б.** Утилизируемые автомобили — крупный источник вторичных материальных ресурсов // *Металлург*. — 2011. — № 1. — С. 39—43.

В. В. Bobovich, Professor, e-mail: boris0808@yandex.ru, Moscow Polytechnic University

The Transfer of Public Transport to Electric Traction as a Way to Enhance its Environmental Securities

The possibilities of improving the environmental friendliness of buses running on hydrocarbon fuel are almost exhausted. The world experience of transition from buses to vehicles powered by electricity is considered. It is shown that the achieved successes in the development of electric buses, including the improvement of batteries and chargers, allow us to consider this direction of development of public transport as the main way of improving atmospheric air in large cities.

Keywords: air pollution, toxic gases, public transport, electric bus, battery, charger

References

1. **От загрязненија** vazduha kazhdyj god umirajut 7 mln chelovek — OON. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/03/05/atmosphere/> (date of access 17.06.2019).
2. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2017 godu". Moscow: Minprirody Rossii; NPP "Kadastr", 2018. 888 p. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/doklad_2017.pdf (date of access 17.06.2019).
3. **Azarov V. K., Kutenjov V. F.** Mozhet li avtomobil' byt' jekologicheski chistym? *Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov*. 2014. № 4 (87). P. 58—61.
4. **Rossijskij park** avtobusov: osnovnye pokazateli. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/31815/> (date of access 17.06.2019).
5. **Park** avtobusov v RF. Otchet Russian Automotive Market Research. URL: <https://www.napinfo.ru/infographics/segmenty-rynka/struktura-parka-avtobusov-v-rf-na-01-01-2018-g> (date of access 17.06.2019).
6. **Ves' obshhestvennyj transport** Shjen'chzhjenja stal jelektricheskim. URL: <https://hightech.fm/2018/01/11/2018/01/11/shenzhen-completes> (date of access 17.06.2019).

7. **Jelektrobussy** vyshli na shestoj po schetu marshrut v stolice. URL: https://www.m24.ru/news/transport/12032019/68717?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (date of access 17.06.2019).
8. **Vlasti Moskvy** planirujut zakupat' do 800 jelektrobusev ezhegodno s 2021 goda. URL: https://news.rambler.ru/moscow_city/41692694-moskva-ezhegodno-budet-zakupat-po-800-elektrobusev/ (date of access 17.06.2019).
9. **Litij-ionnye tehnologii.** URL: <http://www.liotech.ru/>; <http://www.liotech.ru/liaz>; <http://www.liotech.ru/trolza>; <http://www.liotech.ru/nefaz> (date of access 17.06.2019).
10. **Electric Buses Will Take Over Half the World Fleet by 2025.** URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-01/electric-buses-will-take-over-half-the-world-by-2025> (date of access 17.06.2019).
11. **Cena voprosa.** Gazeta "Kommersant" No. 19 ot 02.02.2018, str. 11. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3533863> (date of access 17.06.2019).
12. **Jelektrobuz "Vitovt"** proizvodstva Belkommunmash. URL: https://content.onliner.by/news/2016/06/original_size/5b0cb5285b853f1c2edc5ee1151ccec18.jpg (date of access 17.06.2019).
13. **Bobovich B. B.** Utiliziruemye avtomobili — krupnyj istochnik vtorignyh material'nyh resursov // *Metallurg*. 2011. No. 1. P. 39—43.

УДК 528.81

И. А. Кулиев, канд. геогр. наук, зав. отделом, e-mail: ismayil-quliyev@rambler.ru,
М. Ю. Халилов, д-р геогр. наук, гл. науч. сотр., Институт Географии им. акад. Г. А. Алиева Национальной Академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика, **И. И. Марданов**, канд. сель.-хоз. наук, доц. кафедры, e-mail: geography.sumqayit@mail.ru, Сумгаитский государственный университет, Азербайджанская Республика

Экогеографические аспекты освоения земель Джейранчельского низкогорья

Приведены данные анализа природных и антропогенных факторов развития почвенного покрова Джейранчельского низкогорья, расположенного в западной части Азербайджана. Путем полевых и лабораторных исследований выявлены их основные агроэкологические характеристики в целях почвенного картирования и характер землепользования на данной территории, показаны перспективы их использования.

Ключевые слова: горизонт, район, температура, ареал, лесс, анализ, гумус, фактор, карта, морфологический, свойства

Введение

Территория Джейранчельского низкогорья занимает особое положение среди регионов Азербайджана, отличаясь большим потенциалом почвенно-растительной системы. В этом массиве возникла необходимость проведения научно-исследовательских работ, направленных на достижения целей охраны почвенно-растительного покрова и повышения их продуктивности. Главными в этом направлении являются исследования морфогенетических особенностей почв, подготовка типологической классификации почвенных единиц с их дальнейшим картированием. Не случайно, что, по мнению многих почвоведов, агрохимиков и геоботаников самым ценным документом для задач охраны почвенно-растительной системы и повышения их продуктивности является почвенная карта [1–3].

По этой причине изучение вышеуказанных свойств почв, распространенных на юго-западе Джейранчельского массива, и составление карты на основе обобщения этих свойств было главной целью работ, результаты которых частично изложены в данной работе.

Гипсометрические отметки в пределах Джейранчельского низкогорья дают возможность развиваться определенному спектру высотной зональности почвенного покрова. Широко распространенными на территории низкогорья являются различные подтипы и разновидности

серо-коричневых почв (каштановых), охватывающие целиком среднюю полосу низкогорья. Часть территории массива — 51 %, охватывающего 257 134,2 га площади, приходится на эти почвы. Западное продолжение этих почв переходит в восточную часть Грузии и Эльдарскую степь, к югу в Гянджа-Газахскую степь, а к востоку — в Аджиноурское предгорье [4–6].

Объект и методы исследования

В 2015–2016 гг. в Джейранчельском массиве на высотах 200...550 м над уровнем моря на планшетах масштаба 1:100 000 были проведены исследования с взятием почвенных образцов с их последующей обработкой в лабораторных условиях. Исследования были проведены в три этапа: камерально-подготовительный, полевой и камерально-заключительный. На основе проведенных работ были получены количественные данные о состоянии почвенного покрова, предоставившие возможность определить основные направления улучшения почвенно-экологической ситуации.

На камерально-подготовительном этапе были собраны и систематизированы фондовые и литературные материалы о почвенно-растительном покрове исследуемого объекта. В соответствии с инструкцией о крупномасштабном почвенном исследовании в период полевых исследований по определенным маршрутам были заложены почвенные разрезы в целях взятия образцов для



последующих лабораторных анализов. В период походов по маршрутам была составлена первичная почвенная карта на основе перевода выявленных и дифференцированных почвенных таксонов на топографическую карту.

При картировании было обращено особое внимание на зональные закономерности, рельеф, растительность, гидрологические условия, уровень грунтовых вод и геохимические свойства пород. В итоге были составлены полевые журналы, отражающие видимые свойства почв.

Обсуждение полученных результатов

На исследованной части Джейранчельского массива в развитии и формировании почвенного покрова в геохронологический период большую роль сыграло взаимодействие различных природных почвообразующих факторов.

На примере почвенного покрова территории невозможно выделить какой-либо почвообразующий фактор в качестве основного. Все известные почвоведы высказываются о совместном влиянии почвообразующих факторов на формирование мелкозема [7–9].

На изученной части массива наряду с природными факторами было выявлено влияние антропогенных факторов на современное состояние почвенно-растительного покрова, проявляющиеся в развитии пастбищного хозяйства и расширении пахотных земель вокруг разрастающихся населенных пунктов [10–12].

Серо-коричневые (каштановые) почвы. На территории Джейранчельского низкогорья эти почвы формируются в условиях климата типа полупустынь и сухих степей с мягкой зимой. Среднегодовая температура на этой территории составляет 12...14 °С. Средняя январская температура колеблется в пределах 0...3 °С, а средняя июльская температура составляет 23...26 °С. Среднее количество осадков составляет 200...300 мм, а к востоку и западу сумма осадков достигает 300...400 мм. Разница в сумме осадков, выпадающих в холодное и теплое время года, незначительна.

Большая часть осадков (более 70 %) выпадает в весенний и осенний (в апреле, мае, сентябре и октябре) сезоны. В это время процесс почвообразования ускоряется. В самом холодном месяце — январе среднемесячная температура почвы не опускается ниже 0 °С. В летний период температура на поверхности почвы повышается иногда до 50...55 °С. Ряд азербайджанских и грузинских ученых считают, что эти территории в недавнем прошлом были покрыты аридно-ксерофитными лесами, а нынешняя степная растительность является вторичной [13, 14].

Современные серо-коричневые почвы в конце голоцена прошли лесной тип почвообразования и представляли собой коричневый тип почв. Почвообразующими породами являются лессовидные суглинки, делювиальные, делювиально-пролювиальные отложения, сарматские слоистые, коричневого цвета глинистые сланцы и т. д.

Серо-коричневые почвы в Джейранчелье распространены в основном в сухих степях субтропиков на высотах 200...500 м над уровнем моря. К востоку они переходят в условиях полупустынь от светло-серо-коричневого подтипа к серо-бурым почвам и сероземам, а в северном и северо-западном направлении — к коричневым почвам под сухими лесами и кустарниками. На территории исследований формируются все подтипы этих почв, но наиболее распространенными являются обычный и светлый подтипы. Темные серо-коричневые почвы распространены в основном на возвышенностях и формируют переход к коричневым почвам.

Эти почвы обладают следующими морфологическими особенностями: генетические горизонты хорошо дифференцируются; гумусовый горизонт имеет серо-коричневую или же светло-каштановую окраску; иллювиальный горизонт В имеет коричневый тон и ярко выражен; к горизонту С профиль переходит к светлой окраске, карбонатность резко усиливается. Верхний горизонт имеет зернисто-комковатую или же пылевато-крупнокомковатую структуру. В верхних горизонтах наблюдается слабое уплотнение, а средний горизонт является плотным. Если для верхнего горизонта каштановых почв суббореального пояса характерны отсутствие карбонатности, небольшая толщина профиля, слабая дифференциация профиля по механическому составу, то на территории исследований толщина профиля является несколько более мощной, на верхнем горизонте наблюдается карбонатность и в середине профиля отмечается оглиненность.

Серо-бурые почвы. Восточная часть Джейранчельского низкогорья приходится на зимние пастбища Самухского и Товузского административных районов Азербайджана. Среднегодовая температура на этой территории повышается до 14,5 °С. Здесь формируется климат полупустынь и сухих степей. Средняя температура июля и августа достаточно высока (23,0...25,5 °С). Температура мягкой зимы опускается ниже 2,6...3,6 °С. Большая часть осадков выпадает весной и осенью, годовое их количество составляет 110...232 мм, коэффициент увлажнения — 0,25...0,09.

В период проведенных в 2015–2016 гг. исследований на территории Джейранчелья были выявлены ареалы распространения этих почв,

определены солончаково-солонцовые серо-бурые и примитивные серо-бурые подтипы этих почв. С учетом полевых почвенных исследований, результатов лабораторных анализов, литературы и фондовых материалов ниже представлена характеристика этих почв на уровне подтипов.

Солончаково-солонцовые серо-бурые почвы обладают следующими морфологическими особенностями: толщина гумусового горизонта А составляет 12...15 см, цвет светло-серый, буроватый; структура является пылеватой, мелко комковатой; горизонт В является крепким, цвет имеет желтовато-бурые оттенки; структура состоит из крупных комков; горизонт С имеет серо-желтый цвет; отличается призмовидной структурой и проявлением кристаллизованного гипса; во всех горизонтах наблюдается сильное вскипание при обработке HCl.

Отличием солончаково-солонцовых серо-бурых почв от других подтипов является средне- и тяжелосуглинистый механический состав, колебание количества физической глины (частиц размером <0,01 мм) по профилю между отметками 30,8...59,71 % (табл. 1). Обычно количество гумуса в верхних горизонтах этих почв составляет 1,2...1,5 %. В Джейранчелье в автоморфных условиях из-за недостаточного увлажнения гуминовые кислоты почв соединяются с металлами и растительные остатки разлагаются с большой скоростью. По этой причине количество гумуса в горизонте А не достигает 1 %. Здесь велико влияние и других экзодинамических процессов. Особенно большое значение имеет процесс дефляции. Эти почвы слабо обеспечены питательными веществами. Количество общего азота в лучшем случае в верхних слоях почвы составляет 0,1 %. В проведенных исследованиях этот показатель очень низок. Количество общего фосфора и общего калия в почве меньше нормального.

В гумусовом горизонте реакция почвенного раствора отличается высокой щелочностью. Количество поглощенных катионов в горизонте А уменьшается сверху вниз. В составе поглощенных оснований высока доля кальция.

В солончаково-солонцовых серо-бурых почвах на глубине 90...120 см сумма сухого остатка и солей 1,25...2,08 мг/экв. В них преобладают хлориды и сульфаты. Сумма легкорастворимых солей в нижнем слое профиля составляет 1,25...2,08 %.

В неполноразвитых серо-бурых и примитивных серо-бурых почвах толщина горизонта А 8...15 см. Толщина гумусового горизонта достигает 25...35 см.

Структура пахотного горизонта является пылевато-комковатой. Верхний гумусовый горизонт является мягким или же в слабой степени

плотным, а иллювиальный горизонт — плотным. Происходит сильное кипение под воздействием HCl. Начиная с иллювиального горизонта увеличивается количество белоглазки. Толщина гипсового горизонта составляет 65...150 см и гипс встречается в мягком, кристаллическом виде.

В этом подтипе гумус также мал и в нижних горизонтах почти отсутствует. Из других питательных веществ мало количество и общего азота, фосфора и калия. Сумма поглощенных оснований в верхнем слое мало отличается от их суммы в нижних горизонтах. Преобладает катион кальция. По всему профилю количество кальция и магния мало отличается.

Этот подтип обладает тяжелым механическим составом с количеством физической глины по всему профилю 83,5...87,14 %. Сухой остаток, в котором преобладают соединения серы и кальция, составляет 0,20...0,60.

Сероземы. Эти почвы формируются на территории Джейранчельского низкогорья к западу от Мингячевирского водохранилища на слабо-наклонной равнине. Здесь господствует аридный полупустынный климат со среднегодовыми температурами воздуха 13,5...14,6 °С. Средняя температура жарких месяцев достаточно высока 23,0...25,5 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 200...250. Коэффициент увлажнения равен 0,25...0,09.

Для этих почв характерны полынно-эфемерные растительные группировки. В отличие от растений с хорошо развитой корневой системой, большинство эфемерных растений завершают вегетационный период в начале мая. Биоклиматические условия сероземов в Джейранчелье в отличие от других почвенных типов характеризуются более экстремальными условиями. Это отражается на морфологическом строении, составе и свойствах почв. Так, для сероземов характерны слабая дифференциация профиля и монотонное строение, малое количество гумуса и низкая емкость поглощения, высокий уровень распада минеральных частиц, высокая карбонатность и т. д.

В почвенных разрезах на восточной части Джейранчелье наблюдаются следующие морфогенетические признаки:

1. Горизонт А имеет серый или же сероватый цвет, горизонт В имеет серый цвет с бурым оттенком, горизонт С имеет желтоватый цвет.

2. Толщина горизонтов А + В составляет 30...35 см.

3. Карбонатные образования увеличиваются, начиная с иллювиального горизонта В в виде прожилок. Книзу больше проявляются гипсовые кристаллы.



Таблица 1

Основные составные части серо-бурых почв Джейранчельского низкогорья

№ разреза	Глубина, см	Механический состав, %		Гумус, %	СаСО ₃ , %	pH (в водном растворе)	Органический углерод С, %	Азот N, %	С:N	Сумма поглощенных оснований, мг.экв.	В % от общей суммы		Гигроскопическая влага, %	Полная водная вытяжка, %	
		<0,01 мм	<0,001 мм								Са ⁺⁺	Mg ⁺⁺		Сухой остаток	Общая щелочность
102	0...17	52,22	36,76	0,82	15,96	8,3	0,48	0,05	9,6	57,0	74,56	25,44	5,78	0,17	0,076
	17...43	59,71	37,03	0,05	4,98	8,2	0,03	—	—	42,5	83,53	16,47	5,62	0,23	0,076
	43...62	54,16	30,82	Нет	24,94	9,1	—	—	—	42,5	71,76	28,24	4,76	0,20	0,027
	62...93	34,44	20,44	—	23,96	9,5	—	—	—	35,0	61,43	38,57	3,41	1,25	0,064
	93...118	30,8	18,86	—	12,97	10,0	—	—	—	51,5	76,70	23,30	3,65	2,08	0,027
103	0...12	86,62	61,28	0,77	14,97	8,7	0,44	0,05	8,8	58,5	92,31	7,69	7,05	0,20	0,64
	12...42	83,5	65,28	Нет	3,99	8,5	Нет	Нет	Нет	58,0	80,17	24,73	7,29	0,28	0,61
	42...68	85,64	64,42	—	13,97	9,0	—	—	—	58,0	82,76	17,24	8,54	0,25	0,058
	68...87	86,22	64,94	—	16,96	9,5	—	—	—	59,5	78,99	21,01	8,46	0,58	0,067
	87...118	87,14	65,78	—	15,96	9,3	—	—	—	58,0	78,45	21,55	7,33	0,60	0,036

Таблица 2

Основные составные части сероземов Джейранчельского низкогорья

№ разреза	Глубина, см	Механический состав, %		Гумус, %	СаСО ₃ , %	pH (в водном растворе)	Органический углерод С, %	Азот N, %	С:N	Сумма поглощенных оснований, мг.экв.	От общей суммы, %		Гигроскопическая влага, %	Полная водная вытяжка, %	
		<0,01 мм	<0,001 мм								Са ⁺⁺	Mg ⁺⁺		Сухой остаток	Общая щелочность
104	0...13	31,34	20,76	1,05	11,99	8,0	0,61	0,07	8,7	24,0	75,0	25,0	4,91	0,09	0,07
	13...22	16,08	7,08	0,72	23,96	8,5	0,42	0,05	8,4	21,0	44,6	37,0	3,16	0,20	0,11
	22...46	27,02	18,4	0,56	16,96	8,7	0,33	0,04	8,3	23,0	81,7	18,3	2,86	0,18	0,07
	46...78	32,42	20,05	Нет	21,95	9,0	Нет	Нет	—	24,5	67,4	32,6	3,69	0,87	0,03
	78...96	15,44	5,98	—	15,96	9,2	—	—	—	22,5	70,8	29,2	2,31	0,52	0,03

4. По всему профилю генетические горизонты плавно сменяются и придают ему монотонный характер.

5. Гумусовый горизонт является мягким. В других горизонтах с глубиной плотность увеличивается.

Механический состав этих почв в основном является средне- и тяжелосуглинистым. Но в зависимости от мезо- и микрорельефа могут встречаться легкосуглинистые и глинистые разновидности.

Сероземы Джейранчелья слабо обеспечены гумусом. Ни в одном из многочисленных разрезов количество гумуса в горизонте А не превышает 1,5 %. Почти весь гумус сконцентрирован в горизонтах А и АВ. В нижних слоях его количество равно нулю (табл. 2). Количество общего азота по профилю уменьшается в соответствии с гумусом и колеблется между 0,07...0,04 %. Большую часть гумуса формируют соединаения кальция.

На возвышенностях в верхнем слое почв количество легкорастворимых солей мало. Но по мере продвижения вниз наблюдается увеличение их количества. На левобережье реки Габырры на территории исследований на древних террасах встречаются засоленные почвы. Одним из важных диагностических показателей сероземов является ясное прослеживание гипсоносного горизонта В.

Количество поглощенных катионов колеблется в пределах 22...25 мг.экв. (см. табл. 2). В поглощенных основаниях 85...90 % составляют кальций и магний. Для этих почв характерна солонцеватость. Реакция среды является щелочной.

В Джейранчелье распространены обычный и частично примитивные подтипы сероземных почв.

Заключение

Наряду с изучением морфогенетических особенностей почв, распространенных на территории исследований, была составлена подробная почвенная карта, отражающая ареалы распространения почв (масштаб 1:100 000). Основной целью составления этой карты является выбор оптимальных вариантов для рационального использования почв в хозяйствах. В этом отношении для ученых и инженеров имеется огромный простор для разработки различных направлений хозяйственного планирования в стратегически важном регионе страны, расположенном в непосредственной близости к государственной границе и на пути следования важных международных автомобильных и железнодорожных магистралей, следующих в Грузию, а далее в Турцию и Европу.

Составленные картографические материалы помогут осуществить создание схем пастбищеоборотов и севооборотов с выбором наиболее приемлемых в почвенно-экологическом отношении сельхозкультур для возможного экспорта их продукции по имеющимся магистральям.

Работа выполнена при поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики — Грант № EIF/MQM/Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/06/2

Список литературы

1. Кулиев И. А., Ягубов Г. Ш. Хозяйственное значение картографирования почв Прикуриной равнины Джейранчельского массива // Труды Географического общества Азербайджана. География и природные ресурсы. — 2017. — № 1 (5). — С. 59—64.
2. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана / М. П. Бабаев, В. Г. Гасанов и др. — Баку: Элм, 2011. — 447 с.
3. Мамедов Г. Ш., Ягубов Г. Ш. Инструкция по крупномасштабному исследованию и картированию почв Азербайджанской Республики. — Баку, 2002. — 208 с.
4. Эрозионная опасность почв пастбищ Большого Кавказа и Джейранчель-Аджиноура / А. Ш. Джаруллаев, И. И. Марданов, А. А. Исмаилова, Н. Ш. Эльдаров // Географический вестник. 2018. — № 3(46). — С. 75—82.
5. Марданов И. И., Джаруллаев А. Ш. Геоэкологический анализ состояния горных ландшафтов азербайджанской части Большого Кавказа и Джейранчель-Аджиноурского предгорья // Безопасность жизнедеятельности. — 2017. — № 1. — С. 57—60.
6. Гасанов Ш. Г., Бабаев М. П. Некоторые генетические особенности каштановых орошаемых почв Западного Азербайджана // Тезисы докладов к III съезду почв СССР. Тарту, 1966. — С. 102—108.
7. Алиев Г. А. Почвы Большого Кавказа. Т. 2. — Баку: Элм, 1994. — 430 с.
8. Халилов М. Ю., Кулиев И. А. Противоэрозионная роль корневых систем лесной растительности на Большом Кавказе // Географический вестник. Пермский государственный университет. — 2014. — № 4 (31). — С. 85—90.
9. Ахмедова С. З. Биоразнообразие экосистемы растительного покрова Джейранчельского и Аджиноурского массивов Азербайджана: Монография. — Гянджа, 2004. — 104 с.
10. Babayev A. H. Struggle against desertification in Azerbaijan // Annals of Agrarian Science. — 2007. — Vol. 5. — No. 1. — P. 57—61.
11. Mamedova A. D., Gadjiev V. D. The great cycle of life of *Salsola dendroides* Pall and phytocenosis of Kobustan (Azerbaijan) // Journal of Botany. Turkey. — 1995. P. 10—14.
12. Melikov R. K. Conservation of the Worm-wood in the Kur-Araz lowland of Azerbaijan // Second Balkan Botanical Congress. Istanbul. P. 2000.
13. Асадова К. К. Биоразнообразие и структура растительности зимних пастбищ Джейранчелья Азербайджана // Материалы III Всероссийской научной конференции "Принципы и способы сохранения биоразнообразия". Пушино, 2008. — С. 107—108.
14. Асадова К. К. Степная растительность зимних пастбищ Джейранчелья // Труды Института ботаники Национальной Академии наук Азербайджана. Баку, 2008. Т. XXVIII. С. 142—146.



I. A. Guliyev, Chief of Department, e-mail: ismayil-quliyev@rambler.ru,
M. Y. Xalilov, Chief Researcher, Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Geography named after acad. H. A. Aliyev, Baku, Azerbaijan Republic,
I. I. Mardanov, Associate Professor, Sumgait State University, Azerbaijan Republic

Eco Geographical Sides of Misappropriation of Lands of Dzheyranchel Lowland

In this work, the natural and anthropogenic factors of development of gray-brown, greyish-brown and gray soils of the Dzheyranchel lowlands, located in the western part of Azerbaijan, were analyzed by field and laboratory studies. Their main agro ecological characteristics for the purposes of soil mapping and the nature of land use in this territory are identified, and prospects for their use are shown.

Keywords: horizon, district, temperature, area, лесс, analysis, humus, properties, factor, map, morphological

References

1. **Kuliev I. A., Jagubov G. Sh.** Hozajstvennoe znachenie kartografirovaniya pochv Prikurinskoj ravniny Dzhejranchel'skogo massiva. *Trudy Geograficheskogo obshhestva Azerbajdzhana. Geografija i prirodnye resursy.* 2017. No. 1 (5). P. 59–64.
2. **Morfogeneticheskaja diagnostika**, nomenklatura i klassifikacija pochv Azerbajdzhana / M. P. Babaev, V. G. Gasanov i dr. Baku: Jelm, 2011. 447 p.
3. **Mamedov G. Sh., Jagubov G. Sh.** Instrukcija po krupnomasshtabnomu issledovaniju i kartirovaniju pochv Azerbajdzhanskoj Respubliki. Baku, 2002. 208 p.
4. **Jerozionnaja opasnost' pochv** pastbishh Bol'shogo Kavkaza i Dzhejranchel'-Adzhinoura / A. Sh. Dzharullaev, I. I. Mardanov, A. A. Ismailova, N. Sh. Jel'darov. *Geograficheskij vestnik.* 2018. No. 3(46). P. 75–82.
5. **Mardanov I. I., Dzharullaev A. Sh.** Geojekologicheskij analiz sostojanija gornyh landshaftov azerbajdzhanskoj chasti Bol'shogo Kavkaza i Dzhejranchel'-Adzhinourskogo predgor'ja. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti.* 2017. No. 1. P. 57–60.
6. **Gasanov Sh. G., Babaev M. P.** Nekotorye geneticheskie osobennosti kashtanovyh oroshaemyh pochv Zapadnogo Azerbajdzhana. *Tezisy dokl'dov k III s#ezdu pochv SSSR.* Tartu, 1966. P. 102–108.
7. **Aliiev G. A.** Pochvy Bol'shogo Kavkaza. Vol. 2. Baku, Jelm. 1994. 430 p.
8. **Halilov M. Ju., Kuliev I. A.** Protivojerozionnaja rol' kornevyh sistem lesnoj rastitel'nosti na Bol'shom Kavkaze. *Geograficheskij vestnik.* Permskij Gosudarstvennyj Universitet. 2014. No. 4(31). P. 85–90.
9. **Ahmedova S. Z.** Bioraznoobrazie jekosistemy rastitel'nogo pokrova Dzhejranchel'skogo i Adzhinourskogo massivov Azerbajdzhana: Monografija, Gjandzha, 2004. 104 p.
10. **Babayev A. H.** Struggle against desertification in Azerbaijan. *Annals of Agrarian Science.* 2007. Vol. 5. No. 1. P. 57–61.
11. **Mamedova A. D., Gadjeiev V. D.** The great cycle of life of *Salsola dendroides* Pall and phytocenosis of Kobustan (Azerbaijan). *Journal of Botany.* Turkey, 1995. P. 10–14.
12. **Melikov R. K.** Conservation of the Worm-wood in the Kur-Araz lowland of Azerbaijan. *Second Balkan Botanical Congress.* Istanbul. 2000 p.
13. **Asadova K. K.** Bioraznoobrazie i struktura rastitel'nosti zimnih pastbishh Dzhejranchelja Azerbajdzhana. *Materialy III Vserossijskoj nauchnoj konferencii "Principy i sposoby sohraneniya bioraznoobrazija".* Pushhino, 2008. P. 107–108.
14. **Asadova K. K.** Stepnaja rastitel'nost' zimnih pastbishh Dzhejranchelja. *Trudy Instituta Botaniki Nacional'noj Akademii Nauk Azerbajdzhana.* Baku, 2008. Vol. XXVIII. P. 142–146.



Россия, Екатеринбург

Безопасность. Охрана труда 2019

21-я Специализированная выставка

19.11.2019–21.11.2019 г.г.

Место проведения: ЦМТЕ (Центр Международной Торговли Екатеринбург)

Тематические разделы выставки:

- Пожарная безопасность;
- Средства спасения;
- Экологическая и промышленная безопасность;
- Безопасность дорожного движения;
- Безопасность и охрана труда;
- Специальная одежда.

Организаторы: Уральские выставки, ЗАО

<https://www.uv66.ru/>

УДК 331.45: 378

А. И. Бокарев, канд. техн. наук, доц., **И. А. Игнатович**, канд. техн. наук, доц.,
Е. С. Денисова, канд. биол. наук, доц., e-mail: denisova_100@mail.ru,
Омский государственный технический университет

Конкретизация требований к выпускной квалификационной работе бакалавра по профилю подготовки "Безопасность труда"

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме повышения качества подготовки бакалаврами выпускных квалификационных работ (ВКР) по профилю "Безопасность труда". В рамках исследования проведен краткий аналитический обзор требований, предъявляемых к ВКР бакалавров, и обобщен опыт оформления обязательных элементов методологического аппарата. Показано, что одним из способов повышения качества разработки выпускных квалификационных работ является конкретизация общих требований к ВКР бакалавров относительно трудовых функций специалиста и предлагается соответствующая структура по его реализации. На основе разработанной структуры выполнена конкретизация требований к ВКР бакалавров по профилю подготовки "Безопасность труда".

Ключевые слова: бакалавриат, бакалавр, проблема, цель и задачи исследования, требования к выпускной квалификационной работе, профиль подготовки "Безопасность труда"

Введение

Переход российского высшего профессионального образования на двухуровневую систему (первый уровень — бакалавриат, второй уровень — магистратура) представляет вузам возможность периодически расширять диапазон подготовки бакалавров и магистров по тем направлениям, которые представляют ценность для региона и страны в целом, и определяют конкретизацию требований к выпускным квалификационным работам (ВКР), вследствие уменьшения сроков обучения до 4 лет и широкопрофильной подготовки по выбранному направлению [1—4].

Такое положение дел свидетельствует о наличии *проблемы* в области качества подготовки бакалавров. Эта проблема в целом комплексная, и ее можно представить как совокупность взаимосвязанных *частных проблем*. Так, например, такими *частными проблемами* являются обеспечение полноты выполнения заказа на подготовку бакалавров; повышение эффективности планирования учебного процесса, совершенствование структуры подготовки бакалавров и т. д.

Вполне очевидно, что каждая *частная проблема* заслуживает внимания, требует исследования и, конечно, разрешения. Одна из них — обеспечение разработки ВКР в соответствии с требованиями

работодателей, например, предприятий нефтехимического комплекса. В этом случае результат защиты ВКР будет определять уровень подготовки бакалавров к решению профессиональных задач по должностному предназначению и даст право приступить к трудовой деятельности по профилю подготовки.

Следует заметить, что выявленная *проблема* предопределяет *цель исследования*. Она заключается в разработке способа, обеспечивающего решение важной прикладной задачи по конкретизации общих требований к ВКР относительно трудовых функций специалиста, изложенных в профессиональном стандарте [5].

Установленная цель исследования позволила определить ряд задач по ее достижению.

Первая задача. Обобщить и описать общие требования, предъявляемые к ВКР бакалавров.

Вторая задача. Разработать способ конкретизации общих требований к ВКР применительно к трудовым функциям специалиста, изложенным в профессиональных стандартах.

Третья задача. Выполнить конкретизацию общих требований к ВКР бакалавров по профилю подготовки "Безопасность труда" применительно к трудовым функциям специалиста, изложенным в профессиональном стандарте "Специалист в области охраны труда".



Результаты и их обсуждение

Первая задача

В ходе решения первой задачи по обобщению и описанию общих требований, предъявляемых к ВКР бакалавров, было учтено, что ВКР по профилю подготовки "Безопасность труда", как правило, разрабатываются в интересах конкретных организаций. Следовательно, ВКР следует классифицировать как исследования прикладного характера и они должны отвечать перечисленным ниже *общим требованиям* [3, 4].

1. Самостоятельное (единоличное) написание на актуальную тему.

2. Внутреннее единство структуры.

3. Новизна и практическая значимость наиболее важных результатов (выводов по разделам), формирующих положения, выносимые на защиту.

4. Полнота изложения.

5. Грамотное изложение и правильное оформление.

6. Апробирование или опубликование основных результатов.

Следующим результатом решения первой задачи должно быть описание содержания общих требований, предъявляемых к ВКР бакалавров, независимо от профиля подготовки [4, 6—8].

Рассмотрим их содержание и рекомендации по оформлению.

1. Самостоятельное (единоличное) написание на актуальную тему

Выпускная квалификационная работа пишется самостоятельно под руководством руководителя, как правило, по теме, предложенной выпускающей кафедрой либо заявленной организацией или предложенной самим бакалавром, и должна соответствовать образовательной программе подготовки бакалавров.

Актуальность темы доказывается тем, что на основе анализа фактического материала выявлено противоречие, которое позволяет сформулировать проблему исследования, далее устанавливается цель исследования и определяются задачи по ее достижению с учетом интересов конкретной организации.

Авторская самостоятельность проявляется в виде анализа фактического материала о состоянии действующей системы управления (производственного процесса) организацией в целях разработки организационно-технических предложений, ориентированных на повышение ее эффективности, что свидетельствует о личном вкладе автора в практику.

2. Внутреннее единство структуры

Внутреннее единство структуры ВКР реализуется в структуре исследования и оформляется в виде содержания. Оно достигается обоснованным

выбором темы, грамотностью формулировки противоречия, проблемы, цели и задач исследования, обоснованностью выбора объекта и предмета исследования, логичностью и упорядоченностью структуры расположения материалов в разделах. В этом случае каждый последующий структурный элемент пояснительной записки органически вытекает из предыдущего, а предыдущий элемент создает основу следующего.

3. Новизна и практическая значимость наиболее важных результатов (выводов по разделам), формирующих положения, выносимые на защиту

Известно, что положения, выносимые на защиту ВКР, вытекают из выводов по разделам. При этом выводы по разделам формулируются как итоговые утверждения, выражающие в краткой форме наиболее важные результаты, полученные автором ВКР при решении поставленных задач. Следовательно, наиболее важные результаты решения поставленных задач должны обладать либо новизной, либо выражать практическую значимость.

Применительно к ВКР бакалавра количество выводов может быть не менее двух кратко сформулированных пунктов (четко сформулированных предложения) соответственно новизны или практической значимости полученных результатов.

Относительно положений, выносимых на защиту ВКР, следует сказать, что их количество должно соответствовать количеству решенных задач (или количеству разделов); они приводятся в заключении ВКР в виде четко сформулированных тезисов (т. е. шире, чем выводы по разделам), а также во введении в виде кратко сформулированных пунктов.

Вполне очевидно, что требования к ВКР бакалавров ниже, чем к ВКР магистров, а тем более к кандидатским диссертациям. Поэтому в результатах решений поставленных задач в ВКР бакалавров достаточно наличия элементов новизны.

Не исключается, что в ряде ВКР решения поставленных задач не содержат элементов новизны и практической значимости, а их содержание составляют заимствуемые из различных источников факты, таблицы, графики и выводы, не выходящие за рамки общеизвестного. В результате ВКР соответствует более реферативному или даже простому описанию общеизвестных факторов и у членов ГАК возникает вопрос — ради чего вообще разрабатывалась ВКР?

Вот поэтому каждый обучающийся при разработке ВКР должен ориентироваться на новое решение поставленных задач. Ведь без оригинального способа или нового результата их решения ВКР будет казаться неактуальной и бесполезной. При этом одним из путей получения такого результата служит заблаговременный подход к разработке ВКР. Дело в том, что предложить

свое решение поставленных задач может только человек, разбирающийся и имеющий глубокие теоретические познания по теме ВКР [8].

С учетом сказанного рассмотрим подробнее рекомендации по формулированию элементов новизны и практической значимости результатов решения поставленных в ВКР задач на уровне бакалавра. В настоящее время отсутствуют точные правила, позволяющие однозначно выбрать ту или иную формулировку элементов новизны и практической значимости результатов решения поставленных задач в ВКР. Однако существует ряд рекомендаций по их формулированию [6—8].

Так, элементы новизны результатов решения поставленных задач в ВКР, как правило, указывают на то, что другими авторами исследовано не полностью или то, какие результаты получены впервые, или являются новыми применительно к производственной деятельности конкретной организации. Следовательно, элементы новизны представляют собой конкретные новые результаты теоретического или практического характера, полученные в процессе решения поставленных задач. Они должны быть конкретно и аргументированно изложены, оценены в сравнении с известными результатами других авторов в данной области. Поэтому главный принцип их формулирования — не декларировать о внесении чего-то нового, а показать, что нового внесено в предмет исследования.

При формулировании элементов новизны необходимо помнить, что они определяют "ценность" решенных задач исследования, т. е. формулировка элементов новизны должна быть конкретной и четко указывать, в чем именно заключается новизна и ее отличие от ранее известных. В этом случае формулировку элементов новизны рекомендуется начинать со слов: разработаны (основы чего-то), раскрыты (состав и структура чего-то), обоснованы (положения о том-то), определены (условия чего-то); выявлена (совокупность чего-то), установлены (требования ...) и т. д.

Приведем вариант элементов новизны результатов решения поставленных задач в ВКР:

- сбор и анализ малоизвестных материалов локального характера;
- обнаружение нового факта или подтверждение известного факта для новых условий;
- конкретизация противоречия и, следовательно, проблемы, цели и задач исследования;
- выбор предмета исследования, который ранее не подвергался всестороннему анализу;
- применение известного метода к решению поставленной задачи в новых условиях;
- новые результаты эксперимента, разработка оригинальных моделей и т. п.
- введение в эксперимент новых исходных данных и т. п.

Рассмотрим вариант элементов новизны результатов решения поставленных задач в ВКР на тему "Условия и охрана труда работников компрессорного цеха организации и разработка мероприятий по их улучшению".

На основе сбора и анализа статистических данных за многолетний период наблюдений выявлено и конкретизировано противоречие. Оно заключается в следующем: величина производственного шума в рабочей зоне компрессорного цеха организации 96 дБА (превышает допустимое значение 80 дБА), что способствует возникновению профессионального заболевания у работников в виде снижения слуха.

Отличительной особенностью выявленного противоречия является то, что оно соответствует конкретным и новым условиям труда, что позволяет определить объект и предмет, цель и задачи исследования.

На основе анализа фактических условий труда работников компрессорного цеха организации установлен вредный класс условий труда на рабочих местах данных работников, что позволяет разработать конкретные организационно-технические мероприятия по снижению воздействия производственного шума.

Отличительной особенностью установленно-го вредного класса условий труда является то, что он учитывает специфику труда работников конкретного цеха организации и предопределяет целесообразность разработки профилактических мероприятий.

Итак, рекомендации по формулированию элементов новизны результатов решений поставленных задач в ВКР изложены, что предопределяет необходимость раскрыть рекомендации по формулированию практической значимости результатов решений поставленных в ВКР задач [6—8].

Считается, что практическая значимость результатов решений поставленных задач в ВКР отражает, какие результаты и где, возможно, получат применение или уже используются на практике. Другими словами, здесь демонстрируется их реализация на практике в организации, в интересах которой разработана ВКР.

Из сказанного следует, что практическую значимость результатов ВКР следует оформлять в виде перечня практических рекомендаций и предложений, внедренных или рекомендованных для внедрения в организации. Следовательно, практическая значимость результатов решений поставленных задач в ВКР должна показывать, что могут дать результаты для практики или что уже дали и что может проявляться в разработке:

- практических рекомендаций и предложений для конкретной организации, улучшающих



деятельность служб (отделов), цехов и условия труда работников;

— технических изделий, технологий, инструментальных средств, локальных документов конкретной организации и т. п., что обеспечивает повышение эффективности деятельности предприятия, в интересах которой разрабатывалась ВКР.

При этом цифровое выражение практической значимости результатов ВКР способствует повышению их иллюстративности.

Формулировку практической значимости результатов ВКР рекомендуется начинать со слов: разработка (какой-либо структуры, программы, мероприятий, технического решения), использование (каких-либо средств), модернизация (программы, изделия) и т. п., например:

— Разработка и внедрение средств индивидуальной защиты с улучшенными характеристиками и нормативной документацией на их использование обеспечит снижение уровня профессиональных заболеваний работников конкретного цеха организации до нормативных значений.

— Использование предлагаемого устройства приведения показателей микроклимата на рабочих местах работников конкретного цеха организации в соответствие с нормируемыми показателями обеспечит оптимальные условия труда работников.

Теперь, когда рекомендации по формулированию элементов новизны и практической значимости результатов ВКР изложены, можно раскрыть рекомендации по формулированию положений, выносимых на защиту ВКР [6—8].

Считается, что положения, выносимые на защиту, есть главный итог разработки ВКР и ее "заявленная ценность", которую обучающийся готов доказать и отстаивать. Именно здесь автор максимально сжато и емко формулирует все то новое, что ему удалось создать.

При этом практический опыт показывает, что формулировка положений, выносимых на защиту, является камнем преткновения для многих авторов ВКР и одновременно является "любимым" объектом критики оппонентов при их защите.

Так, практика свидетельствует, что в ряде случаев у автора ВКР появляются затруднения при формулировке положений, выносимых на ее защиту. Это можно расценивать как факт серьезных методологических ошибок, допущенных автором ВКР: возможно, некорректно сформулирована тема, неверно выбраны объект и предмет исследования, неточно заявлены цель и задачи исследования. Таким образом, если не удастся выдвинуть четкие и ясные положения, выносимые на защиту ВКР, то возникает принципиальный вопрос: зачем автор вообще взялся за такую работу, если

он просто не знает, что хочет сказать. И такой вопрос более чем правомерен.

Известно, что положения, выносимые на защиту ВКР, вытекают из выводов по разделам как целесообразное следствие в виде теоретических и практических рекомендаций и предложений, позволяющих оценить вклад автора в практику в интересах конкретной организации. Это означает, что они формулируются шире, чем выводы по разделам.

Так, если в выводах по разделам отражаются наиболее важные результаты, полученные автором ВКР при решении поставленных задач, то в положениях, выносимых на ее защиту, излагается то, что предлагается и чего можно достичь, т. е. положения, выносимые на защиту ВКР — это то, что предлагается автором для достижения поставленной цели исследования в интересах конкретной организации.

Другими словами, оппонент, изучив положения, выносимые на защиту, должен сразу понять, что именно разработал автор ВКР и где эти положения могут быть использованы или используются на практике. Они показывают степень готовности автора к решению профессиональных задач по профилю подготовки.

Практика показывает, что для разработки положений, выносимых на защиту ВКР, можно использовать следующую последовательность:

1. Выявление противоречия и формулирование проблемы, установление цели и определение задач исследования по ее достижению.

2. Решение поставленных задач исследования и формулирование выводов по разделам.

3. Разработка на основе выводов положений, обеспечивающих достижение поставленной цели исследования и, следовательно, преодоление выявленного противоречия (или разрешение сформулированной проблемы).

Излагать положения, выносимые на защиту ВКР, следует в форме развернутых утвердительных предложений, не требующих для своего понимания привлечения дополнительных разъяснений и не содержащих неопределенные и "размытые" формулировки. Их следует писать ясно, точно и лаконично, учитывая последовательность решения поставленных задач исследования. В этом случае формулировку положений, выносимых на защиту ВКР, рекомендуется начинать со слов:

— доказана (обоснована) актуальность темы ВКР путем..., что позволило...;

— предлагается следующая формулировка противоречия..., что обуславливает...;

— установлена закономерность (взаимосвязь)..., что обеспечило...;

— дополнен известный метод новым элементом, что позволило...;

— разработаны организационно-технические предложения, что обеспечило...;

— выполнена оценка эффективности разработанных предложений, что доказывает... и т. п.

Например, ниже перечислены положения, выносимые на защиту ВКР как вариант по теме "Условия и охрана труда работников компрессорного цеха организации и разработка мероприятий по их улучшению".

- Обоснована актуальность темы ВКР на основе выявленных недостатков в организации охраны труда, что позволило сформулировать проблему, установить цели исследования и определить задачи по снижению уровня профессиональных заболеваний работников компрессорного цеха организации.
- Установлено, что условия труда работников компрессорного цеха организации относятся к вредному классу. Это обосновывает выбор организационно-технических мероприятий по снижению риска возникновения профессиональных заболеваний.
- Разработаны и внедрены организационно-технические предложения по улучшению условий и охраны труда, что обеспечивает снижение профессиональных заболеваний работников компрессорного цеха организации.
- Выполнена оценка эффективности разработанных организационно-технических предложений, которая показала целесообразность их внедрения с целью снижения уровня профессиональных заболеваний работников компрессорного цеха организации.

4. Полнота изложения

Полнота (качество и объем) изложения материалов в ВКР заключается в ясном и конкретном описании результатов исследования. При этом объем пояснительной записки ВКР должен составлять не менее 60 страниц машинописного текста (без учета приложений); объем графического материала в электронном варианте — от 6 до 8 слайдов, а в случае предоставления графического материала на листах форматом А1, как правило, не менее 5 листов.

5. Грамотное изложение и правильное оформление

ВКР бакалавра должна быть написана грамотным языком, по нему будут судить о профессиональной культуре и об общей образованности бакалавра. Это значит, что работа должна характеризоваться

смысловой законченностью, связанностью текста, ясностью и краткостью изложения.

6. Апробирование или опубликование основных результатов

Апробация автором основных результатов ВКР является обязательным требованием и достигается путем участия в научных семинарах кафедры или научно-технических конференциях на уровне не ниже вузовского, на которых обсуждаются основные результаты ВКР (целесообразно указать также дипломы и грамоты, полученные по результатам участия в конференциях и конкурсах).

Публикация автором основных результатов ВКР является желательным требованием, но не обязательным и достигается путем издания статей в сборниках студенческих научных трудов на уровне не ниже вузовского.

Вторая задача

Рассмотренные общие требования к ВКР бакалавров в целом имеют большую практическую значимость. Такой вывод подтверждается тем, что они устанавливаются, как следует решать профессиональные задачи. Следовательно, общие требования можно конкретизировать применительно к профилю подготовки.

С учетом сказанного предлагается для обсуждения один из способов конкретизации общих требований к ВКР бакалавров по профилю подготовки "Безопасность труда" [5, 8, 9]. Способ конкретизации общих требований к ВКР заключается в следующем. Содержание трудовых функций специалиста в области охраны труда позволяет конкретизировать общие требования к ВКР путем уточнения, какие и как следует решать профессиональные задачи при подготовке ВКР (рис. 1).

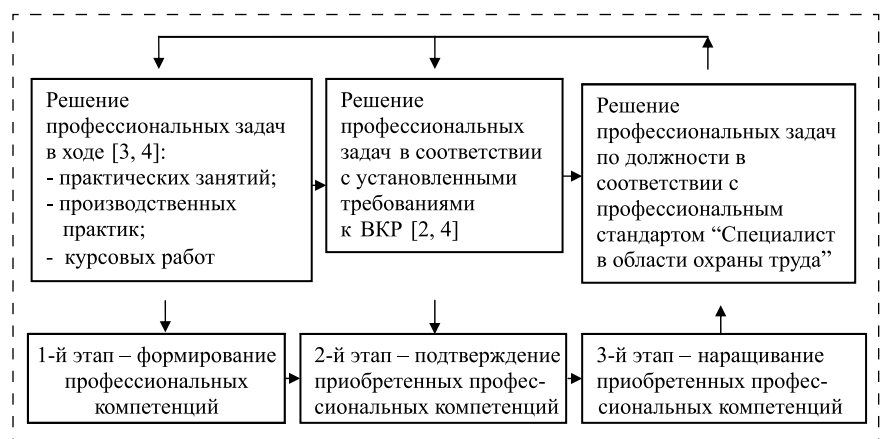


Рис. 1. Структура предлагаемого способа конкретизации общих требований к ВКР бакалавров по профилю подготовки "Безопасность труда"

Предлагаемый способ конкретизации требований к ВКР позволяет формировать профессиональные компетенции за счет решения профессиональных задач в ходе практических занятий, практик и курсовых работ, которые необходимы бакалаврам для разработки ВКР и выполнения трудовых функций в организации по профилю подготовки.

Третья задача

На основе предлагаемого способа выполнена конкретизация общих требований к ВКР по профилю подготовки "Безопасность труда" [4, 5, 8, 9] (рис. 2).

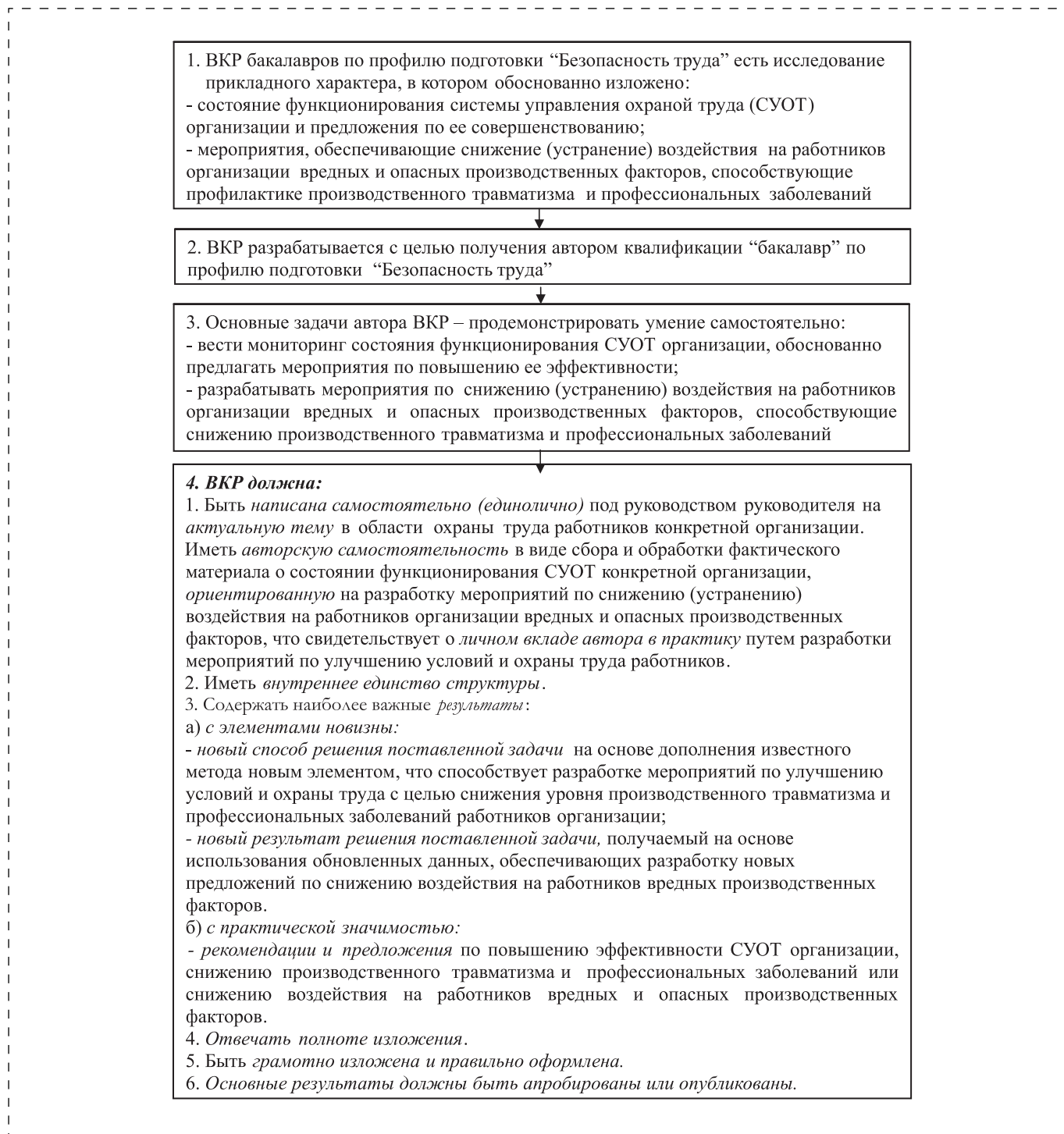


Рис. 2. Требования к ВКР бакалавров по профилю подготовки "Безопасность труда"

Заключение

Таким образом, в качестве общего вывода следует сказать, что выполнение бакалаврами ВКР в интересах конкретных организаций предопределяет необходимость конкретизации общих требований, предъявляемых к ним. Одним из способов решения указанной задачи является их конкретизация относительно трудовых функций, изложенных в профессиональных стандартах. В этом случае полученные и публично защищенные результаты ВКР будут отражать достаточный уровень подготовки бакалавров к решению профессиональных задач по должностному предназначению и дадут право приступить к трудовой деятельности по профилю подготовки.

Список литературы

1. Гребнев Л. Высшее образование в Болонском измерении: российские особенности и ограничения // Высшее образование в России. — 2004. — № 1. — С. 8—25.
2. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" (квалификация (степень) "бакалавр") (утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 14 декабря 2009 г. № 723). М.: Минобрнауки России, 2009. 30 с.

3. **Канонин Ю. Н., Лыщик А. В.** Опыт многоуровневой подготовки специалистов по техносферной безопасности в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I // Безопасность жизнедеятельности. — 2017. — № 3. — С. 62—64.
4. **Assessing** the competences associated with a nursing bachelor thesis by means of rubrics / M. Llauro-serra, E. Rodríguez, A. Gallart, P. Fuster, C. Monforte-royo, M. A. Juan // Nurse education today. — 2018. — Vol. 66. — P. 103—109.
5. **Приказ** Минтруда России от 04.06.2014 № 524н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист в области охраны труда".
6. **Рыбаков А. В., Пономарев А. И., Муравьева Е. В.** Реализация подготовки научных кадров по специальности "Безопасность в чрезвычайных ситуациях": проблемы и решения // Вестник НЦ БЖД. — 2019. — № 1. — С. 46—53.
7. **Александрова А. Ю., Паняева О. Д., Пахомова С. В.** К вопросу о формировании общепрофессиональных и профессиональных компетенций в процессе выполнения выпускных квалификационных работ бакалавров по направлению подготовки "Химическая технология" // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 4. — С. 67—68.
8. **Бокарев А. И., Игнатович И. А.** Разработка и защита выпускной квалификационной работы студента бакалавриата: учеб. пособие. Минобрнауки России, ОмГТУ. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. — 100 с.
9. **Приказ** Министерства труда и социальной защиты РФ от 12 февраля 2014 г. № 96 "Об утверждении рекомендаций по организации службы охраны труда в организации".

A. I. Bokarev, Associate Professor, **I. A. Ignatovich**, Associate Professor,
E. S. Denisova, Associate Professor, e-mail: denisova_100@mail.ru, Omsk State
 Technical University

Specification of Requirements for Bachelors Graduation Work on the Profile of Training "Safety of Work"

This article presents the recent problem of improving the quality of the thesis for bachelor degree in the Health and Safety Degree Program. Within the framework of the study the authors have conducted an analytical overview of the requirements for the bachelor thesis and summed up the experience of forming the required elements of the methodologies. It is shown that one of the methods of improving the thesis quality is specification of the general requirements to the bachelor thesis regarding the specialist job functions, and an appropriate structure for its implementation is proposed. On the basis of the developed structure the requirements for the thesis for bachelor degree in Health and Safety science have been specified.

Keyword: bachelor degree program, bachelor, problem, purpose and objectives, requirements for graduate thesis, Health and Safety Degree Program

References

1. **Grebnev L.** Vysshee obrazovanie v Bolonskom izmerenii: rossiyskie osobennosti i ogranicheniya. *Vysshee Obrazovanie v Rossii*. 2004. No. 1. P. 8—25.
2. **Federalnyy** gosudarstvennyy obrazovatelnyy standart vysshego professionalnogo obrazovaniya po napravleniyu podgotovki 28070 "Tekhnosfernaya bezopasnost" (kvalifikatsiya (stepen) bakalavr). Approved with Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 723 dd. December 14, 2009. Moscow, Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 2009, 30 p.
3. **Kanonin Yu. N., Lyschik A. V.** Opyt mnogourovnevoy podgotovki specialistov po tekhnosfernoj bezopasnosti v Peterburgskom gosudarstvennom universitete putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2017. No. 3. P. 62—64.
4. **Assessing** the competences associated with a nursing bachelor thesis by means of rubrics / M. Llauro-serra, E. Rodríguez, A. Gallart, P. Fuster, C. Monforte-royo, M. A. Juan. *Nurse education today*. 2018. Vol. 66. P. 103—109.
5. **Приказ** Минтруда России от 04.06.2014 № 524н Об утверждении профессионального стандарта "Специалист в области охраны труда".
6. **Rybakov A. V., Ponomarev A. I., Murav'eva E. V.** Realizatsiya podgotovki nauchnykh kadrov po special'nosti "Bezopasnost' v chrezvychajnykh situatsiyah": problemy i resheniya. *Vestnik NC BZHD*. 2019. No. 1. P. 46—53 (in Russian).
7. **Aleksandrina A. Yu., Panyaeva O. D., Pahomova S. V.** K voprosu o formirovanii obshcheprofessional'nykh i professional'nykh kompetenetsiy v processe vypolneniya vypusknykh kvalifikatsionnykh rabot bakalavrov po napravleniyu podgotovki "Himicheskaya tekhnologiya". *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No. 4. P. 67—68 (in Russian).
8. **Bokarev A. I., Ignatovich I. A.** Razrabotka i zashchita vypusknoy kvalifikatsionnoy raboty studenta bakalavriata: ucheb. Posobie. Minobrnauki Rossii. Omsk State Technical University. Omsk, OmGTU Publ., 2016. 100 p.
9. **Приказ** Минтруда России от 12.02.2014 No. 96 Об утверждении рекомендаций по организации службы охраны труда в организации.

Рецензия на монографии профессора МГТУ им. Н. Э. Баумана Б. С. Ксенофонтова: Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010. 272 с. и Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны. М.: ИД "Форум": Инфра-М, 2015. 256 с.

Review on the monograph of Professor of the Bauman MSTU B. S. Ksenofontova: Flotation treatment of water, waste and soil. Moscow: New technologies, 2010. 272 p. and Wastewater treatment kinetics of flotation and flotation combines. Moscow: ID "Forum": Infra-M, 2015. 256 p.

В монографии "Флотационная обработка воды, отходов и почвы" изложены новые теоретические представления в области флотационной технологии, связанные с разработанной автором многостадийной модели флотационного процесса. На основе этих представлений автором разработаны новые способы и аппараты для флотационной обработки воды, отходов и осадков сточных вод, в частности избыточного активного ила, а также загрязненной почвы.

В книге детально описано внедрение новых флотационных технологий на ряде электростанций с теплофикационными и конденсационными турбоустановками, при эксплуатации которых возможно попадание турбинного масла в линию основного конденсата, особенно при нестационарных режимах, например, во время пусков и остановок турбоустановок. При пусках возможен также резкий рост концентрации нефтепродуктов, что приводит к значительному снижению ресурсов ионообменных смол фильтров блочной обессоливающей установки. Использование на ряде тепловых электростанций флотационных установок, внедренных под руководством автора, помогло решить указанные выше задачи.

Большое значение имеет также применение новой флотационной технологии с двумя рабочими жидкостями для агстирования осадков сточных вод, в том числе избыточного активного ила. Следует отметить, что эта технология впервые описана в мировой технической литературе.

Оценивая эту монографию в целом, подчеркнем, что впервые в мировой литературе описаны новые теоретические представления о флотационном процессе как многостадийном, а также об их широкой практической реализации.

В другой монографии "Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны" детально описаны теоретические основы кинетики флотационного процесса и практические приложения новых разработок.

В монографии впервые в мировой практике новый подход к моделированию разделения неоднородных систем на основе многостадийного флотационного процесса в комбинированных флотационных аппаратах, в котором основным объектом является промежуточный комплекс пузырек — частица или

агрегаты частиц. В качестве примеров практического применения приведены процессы очистки сточных вод в установках нового типа, получивших название флотокомбайнов. Термин "флотокомбайны" впервые в мировой литературе введен автором и получил распространение среди специалистов. Примеры использования флотокомбайнов даны применительно к процессам очистки сточных вод различных производств.

Рассмотренные в книге новые методы флотационной кинетики и сочлененных процессов являются расчетной базой флотационной техники, в том числе флотокомбайнов, и уже используются в практике очистки сточных вод. Показаны методы определения констант технологических стадий флотационных и сочлененных процессов, происходящих во флотокомбайне. Следует отметить, что значительная часть математических методов может одинаковым образом применяться для расчетов как в химической так и во флотационной кинетике, например широко известный программный комплекс Maple. Использование таких программных продуктов позволяет осуществлять моделирование весьма сложных процессов, происходящих во флотокомбайне. Полученные автором данные свидетельствуют о том, что разработанные модели позволяют достаточно точно рассчитать основные параметры флотокомбайнов с учетом специфики очищаемых сточных вод, а также режимы их эксплуатации.

Накопленный опыт эксплуатации флотокомбайнов позволяет надеяться, что этот вид водоочистного оборудования будет достаточно широко востребован уже в ближайшее время.

Подводя итог можно сделать заключение, что монографии профессора Ксенофонтова Б. С. "Флотационная обработка воды, отходов и почвы" и "Очистка сточных вод: кинетика флотации и флотокомбайны" заслуживают самой высокой оценки и рекомендуются для научных работников, инженерно-технических работников, преподавателей, студентов старших курсов, обучающихся по экологическим направлениям подготовки.

И. В. Шадрунова, д-р техн. наук, проф., зав. отделом горной экологии Института проблем комплексного освоения недр Российской академии наук, Москва

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, (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 05.08.19. Подписано в печать 19.09.19. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG1019.

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