



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
 д.т.н., проф.
 ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.
 ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
 проф.
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
 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.
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
 ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.
 (Польша)
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

12(216)
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

- Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Энергосберегающая защита оператора от воздействия вредных факторов при выполнении паяльно-сварочных работ в помещениях ограниченного объема 3
 Минаева И. А., Смирнов М. И. Использование дополнительных акустических показателей при оценке условий труда работников нефтегазовой отрасли 11

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Смирнова Н. К., Кривобокова В. А. К вопросу о снижении вреда здоровью работников электролизного производства с помощью рационализации режима рабочего времени ... 16

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Будыкина Т. А. Концепция противопожарной и экологической защиты нефтебаз 21
 Филатов Д. А., Копытов М. А., Овсянникова В. С., Ельчанинова Е. А. Окисление высоковязкого битума аборигенной почвенной микрофлорой 28

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Чешко И. Д., Тумановский А. А., Парийская А. Ю., Лобатова О. В., Петрова Н. В. Утечки и взрывы горючих газов — чрезвычайные ситуации в бытовой сфере 38
 Спиридонов В. С., Морозов С. Д., Кирикова О. В. Обеспечение взрывобезопасности систем газоочистки 45

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Енютина Т. А., Кулагина Т. А., Марченкова С. Г., Патрушева Т. Н., Петров С. К. Защитный вкладыш для боевой одежды пожарных 49

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Гуськов В. Д. Опыт работы КБ специального машиностроения по защите окружающей среды от радиационного загрязнения отработавшим ядерным топливом ядерных объектов 52

ОБРАЗОВАНИЕ

- Малаян К. Р. Роль образования и науки в решении проблем безопасности и охраны окружающей среды 56

ИНФОРМАЦИЯ

- Указатель статей, опубликованных в журнале "Безопасность жизнедеятельности" в 2018 году 60

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



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R. A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
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.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

12(216)
2018

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

- Mikhajlov V. A., Sotnikova E. V., Calpina N. Yu.** Energy Saving to Protect the Operator from Exposure to Harmful Factors in the Following Alno-Welding in Areas of Limited about 3
Minaeva I. A., Smirnov M. I. Use of Additional Acoustic Indicators in the Assessment of Working Conditions of Oil and Gas Industry Workers 11

POPULATION HEALTH PROTECTION

- Smirnova N. K., Krivobokova V. A.** To the Issue of Reducing the Harm to the Health of Workers in the Electrolysis Industry by Rationalizing the Working Time Regime 16

ENVIRONMENT PROTECTION

- Budykina T. A.** The Concept of Fire-Fighting and Environmental Protection of Oil-Bay 21
Filatov D. A., Kopytov M. A., Ovsyannikova V. S., Elchaninova E. A. Oxidation of High-Viscosity Bitumen by Native Soil Microflora 28

SITUATION OF EMERGENCY

- Cheshko I. D., Tumanovskij A. A., Parijskaja A. Yu., Lobatova O. V., Petrova N. V.** Leaks and Explosions of Fuel Gases — Emergency Situations in the Domestic Sphere 38
Spiridonov V. S., Morozov S. D., Kirikova O. V. Ensuring Explosion Safety of Systems of Gas Purification 45

FIRE SAFETY

- Enyutina T. A., Kulagina T. A., Marchenkova S. G., Patrusheva T. N., Petrov S. K.** Protective Insert for Clothes for Fireman's Combat Clothing 49

RADIATION SAFETY

- Guskov V. D.** Experience KB Special Machinery for the Protection of the Environment from Radioactive Contamination of Spent Nuclear Fuel at Nuclear Facilities 52

EDUCATION

- Malayan K. R.** The Role of Education and Science in Solving Problems of Safety and Environmental Protection 56

INFORMATION

- Index of Articles Published in the Journal "Life Safety" in 2018 60**

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

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

Энергосберегающая защита оператора от воздействия вредных факторов при выполнении паяльно-сварочных работ в помещениях ограниченного объема

Рассмотрен вопрос защиты оператора от воздействия вредных факторов при выполнении паяльно-сварочных работ в помещениях ограниченного объема с температурой внутреннего воздуха $t = 25...30$ °С. Показана целесообразность использования энергосберегающей технологии локального "душирования" оператора при подаче охлажденного и очищенного от вредных примесей воздуха непосредственно в зону дыхания оператора. При этом для выполнения санитарной нормы по температуре этого воздуха около лица оператора $t_d = 22...24$ °С и скорости $v_d = 0,1...0,3$ м/с при расстоянии от воздухораспределителя до головы $x = 0,29$ м расчетный расход кондиционного воздуха должен составлять в среднем не менее $21,5$ м³/ч. Выявлено, что для выполнения этого условия при охлаждении воздуха с одновременной мокрой очисткой в орошаемой насадке регулярной структуры из пластин мипласта ее температурный коэффициент эффективности должен возрасти при повышении температуры в помещении.

Ключевые слова: помещение ограниченного объема, естественная вентиляция, защита воздушной среды на рабочем месте, зона дыхания оператора, локальная подача кондиционного воздуха, орошаемая насадка регулярной структуры, энергосберегающее водоиспарительное охлаждение, мокрая очистка воздуха от вредных примесей

Введение

При выполнении паяльно-сварочных работ металлов и пластмасс в воздух выделяются вредные для здоровья человека пары олова, свинца, канифоли, паяльной кислоты и др. [1]. При этом лицо оператора подвергается дискомфортному тепловому воздействию со стороны горячего источника пайки. Это обуславливает необходимость применения соответствующей защиты оператора и воздушной среды в помещении. С позиции снижения загрязнения воздуха наиболее приемлемым можно считать блокирование вредных выбросов непосредственно в районе источника их возникновения для исключения поступления в окружающее пространство [2].

Для помещений, не имеющих приточно-вытяжную вентиляцию, когда проветривание осуществляется естественным путем (характерно для условий индивидуального предпринимательства) реализована технология нормализации теплового состояния оператора путем локального "душирования" области "голова—грудь" оператора охлажденным воздухом с его "мокрой" очисткой в водоиспарительном аппарате с орошаемой водой насадкой регулярной структуры [3]. Аппарат

такого типа способен уловить вредные атмосферные выбросы и является к тому же предпочтительным с позиции энергосбережения. Однако в рассматриваемом случае, когда достаточно подать кондиционированный воздух лишь в зону дыхания оператора [4], но не требуется нормализовать его тепловое состояние, производительность упомянутого аппарата [3] на уровне 120 м³/ч является избыточной, что может привести к переохлаждению организма оператора при работе в помещении, где соблюдаются допустимые параметры микроклимата.

В связи с изложенным ставится задача по обоснованию рациональной подачи воздуха в зону дыхания оператора и степени его охлаждения с приемлемой эффективностью очистки от примесей при обработке в соответствующей этому условию орошаемой насадке.

Рациональная подача воздуха и его распределение

В силу специфики процесса выполнения паяльно-сварочных работ оператор наклоняется ("нависает") над местом пайки, а зона его дыхания



попадает под действие потока поднимающегося вверх загрязненного воздуха, который затем разносится по всему помещению. Отметим, что зоной дыхания по ГОСТ 12.1.005—88 [4] является пространство перед лицом рабочего в радиусе до 0,5 м.

Чтобы защитить оператора и воздух помещения от воздействия вредных веществ необходимо заблокировать загрязненный поток воздуха, направив его в аппарат очистки непосредственно от места пайки, для чего воздухозаборная решетка этого аппарата должна быть расположена вблизи источника загрязнения. После обработки в орошаемой насадке аппарата поток кондиционированного (т. е. охлажденного и очищенного от вредных примесей) воздуха из его распределителя направляется в зону дыхания оператора на его лицо. Поскольку размеры зоны дыхания по ходу потока воздуха ограничены указанной выше величиной 0,5 м, то расстояние от воздухораспределителя до лица оператора может быть еще меньше в силу следующих обстоятельств.

При подаче воздуха в область "голова—грудь" оператора указанное выше расстояние составляет 0,9...1,0 м [3], при котором скорость потока воздуха около тела оператора обеспечивается на уровне 0,72 м/с при площади "пятна контакта" диаметром $D_T = 0,4...0,45$ м. В рассматриваемом случае эта площадь эквивалентна диаметру $D_d = 0,21...0,24$ м, что обуславливает необходимость поиска решения вопроса в части выбора рациональной подачи охлажденного воздуха с требуемой глубиной его охлаждения и рассеивания потока на пути распространения от распределителя до лица оператора с тем, чтобы здесь было обеспечено нормируемое сочетание его температуры и скорости. На рис. 1 показана принципиальная схема организации воздушного потока в системе "локальный аппарат—оператор".

В соответствии с ГОСТ 12.1.005—88 в условиях непостоянного рабочего места (категория работы — легкая 1б) в зоне дыхания оператора должна

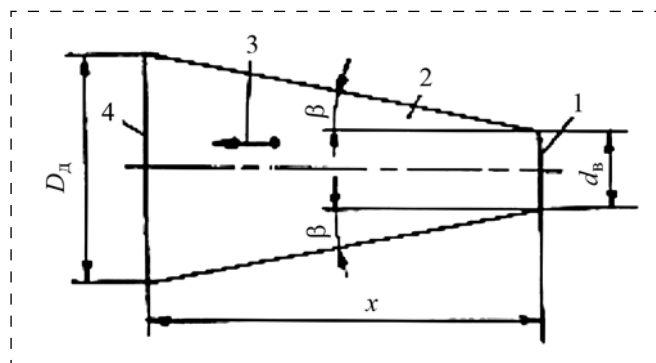


Рис. 1. Принципиальная схема организации воздушного потока в системе "локальный аппарат — оператор": 1 — воздухораспределитель; 2 — угол бокового расширения струи воздуха; 3 — поток воздуха; 4 — эквивалентный диаметр "пятна контакта" воздуха с лицом оператора

обеспечиваться оптимальная температура воздуха $t_d = 22...24$ °С (но не ниже 20 °С) при допустимой его скорости $v_d = 0,1...0,3$ м/с. Приняв среднее значение диаметра $D_d = 0,225$ м и $v_d = 0,15$ м/с, определим расход воздуха, м³/ч, омывающего лицо оператора:

$$L_d = \frac{\pi D_d^2 v_d}{4} 3600, \quad (1)$$

получим $L_d = 21,5$ м³/ч. Отметим, что для помещений с естественным проветриванием объемом 20 м³ и более на каждого человека следует подать не менее 20 м³/ч воздуха [5]. Следовательно, расчетная величина $L_d = 21,5$ м³/ч приемлема.

Поскольку происходит расширение струи воздуха на пути от распределительной решетки до лица оператора, это можно выразить зависимостью [3]:

$$D_d = d_b + 2x \operatorname{tg} \beta, \quad (2)$$

где d_b — диаметр воздухораспределительной решетки, м; x — расстояние от воздухораспределительной решетки до лица оператора, м; $\operatorname{tg} \beta$ — составляющая, учитывающая боковое расширение струи под углом β в образованном усеченном конусе потока воздуха после распределителя.

В свою очередь имеем [6]

$$\operatorname{tg} \beta = 3,4a, \quad (3)$$

где a — коэффициент турбулентной структуры струи для цилиндрических (круглых) и прямоугольных патрубков с ее поджатием расположенными в них жалюзи; $a = 0,066$.

Преобразовав выражение (2) [3], получим формулу для определения:

$$x = 2,23(D_d - d_b). \quad (4)$$

Приняв $D_d = 0,225$ м и $d_b = 0,095$ м (для выпускаемой промышленностью решетки с наклонными жалюзи), найдем $x = 0,29$ м, что приемлемо с функциональной точки зрения, поскольку это не выходит за пределы зоны дыхания оператора.

Кондиционирование воздуха

Кондиционирование воздуха должно осуществляться путем его охлаждения и очистки от вредных примесей в насадке, орошаемой водой [1]. В работе [7] для пластинчатой насадки из пористой пластмассы установлена функциональная связь между эффективностью водоиспарительного охлаждения E и степенью мокрой очистки η воздуха от твердых частиц:

$$\eta = 1 - e^{1,89 \ln(1 - E)}, \quad (5)$$

где $E = (t - t_0)/(t - t_m)$ и $\eta = (C - C_0)/C$.

Здесь t и t_m — начальные температуры воздуха соответственно по сухому и мокрому термометрам, °С; t_0 — температура охлажденного воздуха по сухому термометру, °С; C и C_0 — массовая концентрация твердых примесей соответственно до и после очистки, мг/м³ [5].

Например, если принять значение величины $E = 0,62$ [3], то в соответствии с выражением (5) степень мокрой очистки воздуха от пыли составит $\eta = 0,84$. Дальнейшее исследование по выбору конструктивных параметров насадки правомерно проводить в первую очередь в направлении рационализации теплотехнического процесса обработки воздуха, имея в виду существующую функциональную связь между E и η .

При выборе теплотехнических показателей насадки должно быть учтено следующее обстоятельство. В практике кондиционирования воздуха объектов большого объема [8] для исключения простудных заболеваний перепад между температурами охлажденного воздуха t_0 и в помещении t ограничивают величиной $\Delta t = 2...8$ °С в зависимости от расстояния между распределителем и головой оператора и значением t_0 . В связи с этим в ГОСТ Р 50993—96 [9] указывается, что конструкция системы кондиционирования кабины (т. е. помещения ограниченного объема) должна исключать возможность охлаждения воздуха в области головы водителя более чем на 8 °С относительно температуры окружающей среды.

Поскольку по ГОСТ 12.1.005—88 [4] предельно допустимая температура воздуха в производственном помещении в теплый период года (для непостоянного рабочего места категории 1б) должна быть не более 30 °С, то при подаче воздуха с указанной ранее предельно низкой нормируемой температурой $t_0 = t_d = 20$ °С Δt составит 10 °С, что недопустимо. В этих условиях Δt должна быть меньше 8 °С, а температура охлажденного воздуха должна составлять в среднем $t_0 = t_d = 23$ °С. Исходя из этого можно определить величину E по указанному выше выражению $E = (t - t_0)/(t - t_m)$, где $t_m = 17,9$ °С [10]. Таким образом, найдем $E = 0,58$.

Если же в помещении температура воздуха будет составлять, например, $t = 25$ °С (при $t_m = 16,3$ °С), то можно подавать кондиционированный воздух с температурой $t_0 = 22$ °С. В этом случае необходимо, чтобы $E = 0,34$. Дополнительно к этому следует оценить глубину охлаждения воздуха в экстремальной ситуации, когда значение температуры t выходит за нормируемый предел 30 °С [3] и составляет, например, $t = 35$ °С при $t_m = 19,6$ °С. В этом случае обуславливается вынужденное несоблюдение Δt при назначении допустимой температуры $t_d = t_0 = 25$ °С [4], тогда $E = 0,65$.

На основании рассмотренного можно утверждать, что в диапазоне оптимальных, допустимых

и экстремальных температур воздуха t и t_d насадка должна обеспечивать соответствующую переменную эффективность охлаждения. Это является функциональным отличием рассматриваемого аппарата от устройства, разработанного для воздухоохладителей кабин самоходных машин [7], в котором обеспечивалось значение $E = \text{const}$ при различных сочетаниях t и t_m .

Помимо отмеченной функциональной особенности в рассматриваемом случае насадка должна иметь пониженное аэродинамическое сопротивление Δp по сравнению с известной при замене в конструкции аппарата радиального (центробежного) на осевой вентилятор [7, 11]. Для достижения этой цели рекомендована насадка [11], выполненная в виде пакета из пластин мипласта, где воздушные каналы образованы между их сторонами при попарном сложении обращенными друг к другу вертикальными и горизонтальными выступами, касающимися вершинами. Развитие такой конструкции с использованием выпускаемых промышленностью пластин из мипласта описано в работе [10]. Схема укладки пластин в такой насадке показана на рис. 2.

Выбор параметров и режима работы насадки

Аэродинамическое сопротивление насадки (без учета воздействия потока орошающей воды) [11] определяется по выражению:

$$\Delta p = \left[\frac{0,02826 n_b^{0,535} l}{v_k^{0,535} b_p^{1,375}} + 0,851 \right] v_k^2, \quad (6)$$

где n_b — число вертикальных выступов в воздушном канале, шт.; l — длина насадки по ходу потока воздуха, м; v_k — скорость воздушного потока в канале, м/с; b_p — ширина воздушного канала, м.

Анализ изменения аэродинамического сопротивления насадки при различной ширине канала $b_p = (3,2...4,4)10^{-3}$ м и переменной скорости воздуха $v_k = 1,0...2,5$ м/с показал, что при $v_k = \text{const}$ аэродинамическое сопротивление Δp с уменьшением b_p практически не изменяется [11]. Исходя из этого, для обеспечения условия $E = \text{const}$ было определено предельное значение величины скорости воздуха в каналах $v_k = 1,5$ м/с.

Отметим, что наибольшее влияние на величину аэродинамического сопротивления Δp оказывает именно скорость v_k , поскольку в выражении (6) она входит как множитель v_k^2 . Поэтому, если снизить ее значение, например, до $v_k = 1,0$ м/с, то Δp уменьшится. Тогда с учетом влияния составляющей в выражении (6) $v_k^{0,535}$ при $v_k = 1,5$ м/с получается $\Delta p = 31$ Па, а при $v_k = 1,0$ м/с — показатель $\Delta p = 16$ Па, т. е. аэродинамическое сопротивление

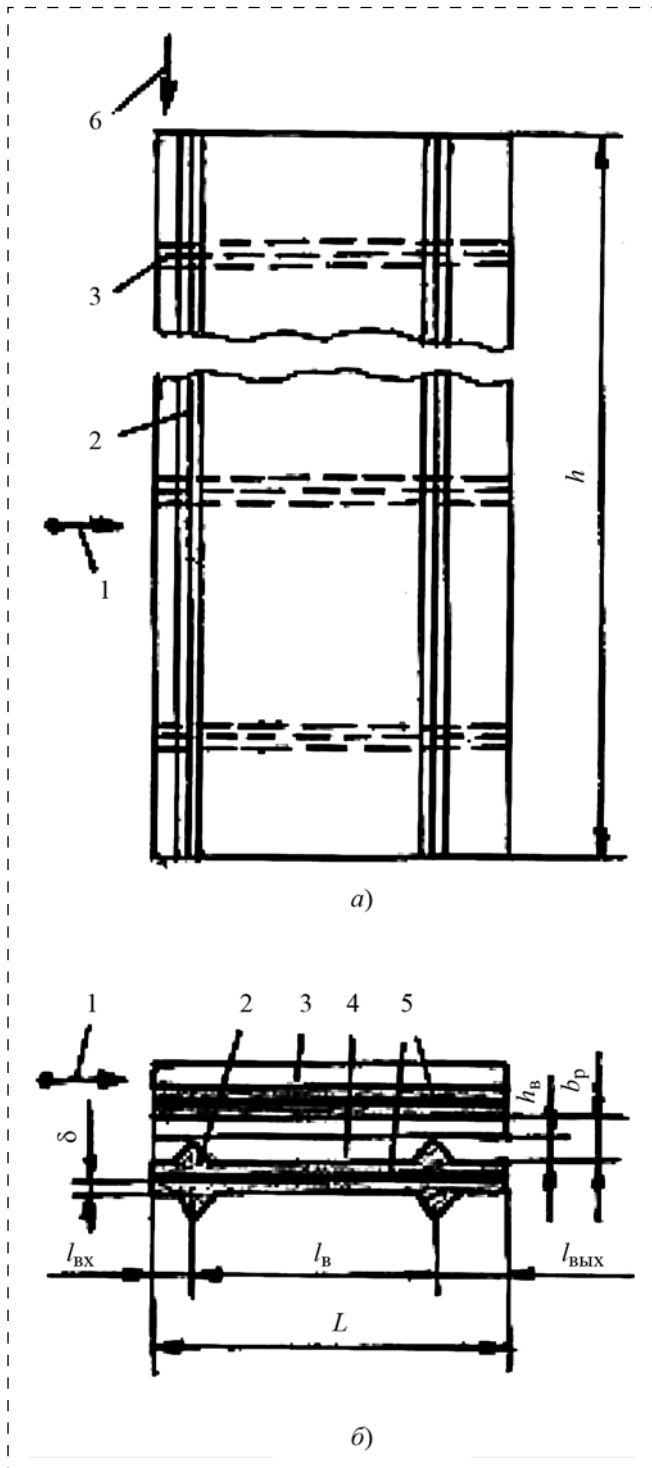


Рис. 2. Формирование насадки из пластин мипласта:
 а — общая схема; б — структура воздушного канала; 1 — поток воздуха; 2 и 3 — вертикальные и горизонтальные выступы; 4 — воздушный канал; 5 — макрокапилляр между смежными стенками пластин; 6 — поток орошающей воды

насадки снижается почти в 2 раза [11]. Следовательно, для решения поставленной задачи путь снижения скорости воздушного потока в каналах может быть принят для проработки в части

дальнейшего поиска необходимого ее значения для обеспечения переменной E .

Интенсивность процесса конвективного теплообмена в процессе водоиспарительного охлаждения воздуха [12] оценивают с помощью коэффициента теплоотдачи, Вт/(м \cdot °С),

$$\alpha = dQ/dF(t - t_w), \quad (7)$$

где dQ — тепловой поток через поверхность площадью dF ; $t - t_w$ — разность температуры воздуха t по сухому термометру и температуры мокрой поверхности теплообмена $t_w = t_m$.

Коэффициент теплоотдачи α зависит от скорости и характера течения воздуха около охлаждаемой поверхности, ее формы, температуры сред. Эффективность охлаждения воздуха при водоиспарительном охлаждении оценивается выражением [12]:

$$E = 1 - e^{-\alpha F/c_p G}, \quad (8)$$

где c_p — теплоемкость воздуха, кДж/кг; G — подача воздуха, кг/с; $G = \rho L$; ρ — плотность воздуха, кг/м 3 ; L — расход воздуха, м 3 /ч.

Поскольку α зависит от характера движения воздуха, отметим, что различают ламинарный, турбулентный и переходный (между ламинарным и турбулентным) режимы течения воздуха в каналах, которые характеризуются значением числа Рейнольдса Re для гладких каналов:

- для ламинарного $Re < 2000$;
- для турбулентного $Re < 10\,000$.

Для обеспечения $E = \text{const}$ в орошаемой насадке [12] соблюдено условие

$$\alpha/G = \text{const}. \quad (9)$$

При этом

$$\alpha = Nu\lambda/d_3; \quad (10)$$

$$Nu = ARe^n; \quad (11)$$

$$Re = v_k d_3/\nu, \quad (12)$$

где Nu — число Нуссельта; λ — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м \cdot °С); $d_3 = 2b_p$ — эквивалентный диаметр воздушного канала, м; A — безразмерный численный коэффициент; n — безразмерный показатель степени, зависящий от режима течения воздуха в каналах ($n = 0,33$ — для ламинарного, $n = 0,8$ — для турбулентного); ν — коэффициент кинематической вязкости воздуха, м 2 /с.

В орошаемой насадке [11] при указанных выше максимальных значениях $v_k = 2,5$ м/с и $d_3 = 2 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3}$ ($\nu = 1,57 \cdot 10^{-5}$ м 2 /с по данным работы [12]) значение числа Рейнольдса составляет $Re = 1400$, что формально соответствует ламинарному режиму течения воздуха. Однако здесь

осуществлена искусственная турбулизация режима за счет периодического дросселирования каналов около вершин поперечно расположенных воздушному потоку выступов пластин, что и обусловило достижение $E = \text{const}$.

Из выражения (12) следует, что для уменьшения величины Re нужно снизить скорость v_k . Кроме того, учитывая наличие дросселирования каналов, следует снизить его влияние в насадке до минимума, чтобы обеспечить ее работу в ламинарном режиме. Такая возможность существует, поскольку для достижения полноценного режима искусственной турбулизации при периодическом дросселировании поперечные выступы в воздушном канале по ходу потока воздуха располагаются с оптимальным шагом l_B исходя из следующего соотношения [12]:

$$\left(\frac{l_B}{h_B}\right)_{\text{опт}} = 13 \pm 1, \quad (13)$$

где h_B — высота выступов, м.

Таким образом, для выполнения условия по изменению характера режима работы насадки следует увеличить значение указанного соотношения.

Отметим, что по данным исследования [13] насадки (теплообменника) с гладкими воздушными каналами при их ширине $1,5 \cdot 10^{-3}$ м ($d_3 = 3 \cdot 10^{-3}$ м) и скорости воздушного потока в них на уровне $v_k = 8,4$ м/с значение числа Рейнольдса $Re = 803$, что свидетельствует о работе этого аппарата в ламинарном режиме. При этом выявлена зависимость величины температурного коэффициента эффективности охлаждения воздуха E от начальных параметров $t = 25...40$ °С и $t_M = 14,2...25,7$ °С, сочетание которых характеризуется критерием Гухмана:

$$Gu = (T - T_M)/T, \quad (14)$$

где T и T_M — температура, К.

В частности, здесь коэффициент эффективности для приточного воздуха характеризуется зависимостью:

$$E = 0,95Gu^{0,1}. \quad (15)$$

Так, при увеличении значения Gu , например, с 0,02 до 0,06 и постоянной подаче воздуха G по выражению (15) E изменяется от 0,6 до 0,73, что говорит о несоблюдении условия $E = \text{const}$ из-за нарушения закономерности изменения α при ламинарном течении воздушного потока.

Устройство и функциональные качества насадки

Как указывалось ранее, в работе [10] применена насадка с вертикальными и примыкающими к ним вершинами горизонтальными выступами

пластин (см. рис. 2). Здесь использованы выполненные из мипласта пластины аккумуляторных сепараторов ЖУИЦ 757565 с размерами в состоянии поставки $148 \times 140 \times 1,5$ мм при толщине стенки $\delta = 0,5$ мм и шаге выступов $l_B = 24$ мм с высотой $h_B = 1$ мм. При сложении пластин парами навстречу друг другу выступами (см. рис. 2) образуются воздушные каналы шириной $b_p = 24$ мм ($24 \cdot 10^{-3}$ м). Таким образом, значение величины из соотношения (13) в этом случае составит 24 (а не 13 ± 1), и с позиции обеспечения ламинарного движения потока полученное значение приемлемо. Что же касается выбора таких геометрических параметров насадки как ее рабочая высота h , длина L и число воздушных каналов n_k , то здесь необходимо иметь в виду следующее.

В рассматриваемом случае по аналогии с насадкой в работе [12] высота h ограничена размером 0,14 м пластин ЖУИЦ 757565 в состоянии поставки. С учетом же перекрытия воздушного канала торцами горизонтальных выступов принята рабочая высота $h = 0,13$ м. При этом, поскольку длина насадки l в выражении (6) напрямую влияет на величину Δp , ее необходимо принять минимально возможной с ограничением из-за конструктивных особенностей пластин. Так, длина насадки может составлять 0,028 м [1]. Однако с учетом обязательного наличия в воздушном канале не менее двух вертикальных выступов, служащих опорой для прилегающих к ним горизонтальных выступов, в рассматриваемом случае следует принять $l = 0,034$ м (при $l_B = 0,024$ м и наличии на входной и выходной частях насадки участков размеров $l_{\text{вх}} = 0,003$ м и $l_{\text{вых}} = 0,007$ м). Число воздушных каналов по конструктивным соображениям примем равным $n_k = 55$ шт. [10]. Тогда ширина насадки составит $b = (b_p + 28)n_k = 165$ мм (при высоте $h = 130$ мм и длине $l = 34$ мм).

Рассмотрим режим течения воздуха в каналах такой насадки. Здесь скорость потока составит:

$$v_k = \frac{L}{b_p h n_k} = \frac{21,5}{3600 \cdot 0,024 \cdot 0,13 \cdot 55} = 0,42 \text{ м/с}. \quad (16)$$

Тогда по выражению (12) число Рейнольдса $Re = 110$, что свидетельствует о достижении требуемого ламинарного режима. Расчет же величины аэродинамического сопротивления насадки Δp , Па, в этом случае (как для однотипного аппарата) может быть осуществлен по выражению [10]:

$$\Delta p = (0,25v_k^2 \rho + 0,0018v_k^{1,75}) / (\rho d_3^{1,25}), \quad (17)$$

где $\rho = 1,2$ кг/м³ — расчетная плотность обрабатываемого воздуха.

При $v_k = 0,42$ м/с и $d_3 = 0,004$ м получим $\Delta p = 44$ Па. Создаваемое малоразмерным осевым



вентилятором давление в рабочей точке не превышает 100 Па [11]. Поэтому при $\Delta p = 44$ Па у вентилятора еще имеется резерв по давлению для преодоления дополнительного аэродинамического сопротивления сети в локальном аппарате (входная и выходная решетки, сетчатый фильтр, повороты потока воздуха). С учетом этого для реализации при дальнейшей отработке конструкции аппарата можно рекомендовать зарубежные взаимозаменяемые малозумные осевые вентиляторы, применяемые для обдува электронных приборов, например, типа EC12038H129 на напряжение 12 В и DP200A 2123XST.GN на напряжение 220...240 В с габаритными размерами 120×120×39 мм.

В целях оценки функционального качества разработанной насадки проведена серия экспериментов на специальной лабораторной установке в соответствии с принятым на практике порядком проведения подобных исследований [7, 11, 13]. В рассматриваемом случае начальную температуру воздуха по сухому термометру задавали $t = 25; 30; 35; 40$ °С, значению каждой из которых соответствовала температура по мокрому термометру $t_m = 16,1; 17,3; 19,1$ и $20,2$ °С. Расход воздуха при этом составлял $L = 25$ м³/ч, что обеспечивалось осевым вентилятором DP200A 2123XST.GN опытного образца аппарата, в котором размещена указанная насадка. Отметим, что при $L = 25$ м³/ч обеспечивалась скорость $v_k = 0,49$ м/с при $Re = 127$.

В эксперименте при указанных выше сочетаниях t и t_m достигнуты значения $t_0 = 21,8$ °С ($E = 0,35$); $23,7$ °С ($E = 0,5$); $25,1$ °С ($E = 0,62$); $26,4$ °С ($E = 0,69$). По результатам математической обработки данных эксперимента выявлена зависимость:

$$E = 10Gu^{0,95}. \quad (18)$$

Полученные значения $t_0 = 21,8$ °С при $t = 25$ °С и $t_0 = 23,7$ °С при $t = 30$ °С практически соответствуют оптимальной температуре воздуха в зоне дыхания оператора $t_d = 22...24$ °С. Что же касается экстремальной температуры $t = 35$ °С, то в этом случае обеспечивается $t_0 = 25,1$ °С, что практически соответствует допустимой температуре $t_d = 25$ °С. При этом скорость воздушного потока применительно к указанному выше диаметру $D_d = 0,225$ м (лицо оператора) при достигнутой подаче воздуха $L = 25$ м³/ч по преобразованному выражению (1) составляет:

$$v_d = \frac{4L}{3600\pi D_d^2} = 0,18 \text{ м/с}. \quad (19)$$

Таким образом, с позиции выполнения нормативов по температуре и подвижности кондиционированного воздуха в зоне дыхания оператора

поставленную цель можно считать достигнутой. Что же касается очистки воздуха от вредных примесей, то здесь необходимо учитывать следующее.

Если использовать выражение (5), то степень мокрой очистки при $E = 0,35; 0,5; 0,62; 0,69$ составит соответственно $\eta = 0,56; 0,73; 0,84; 0,89$. Вместе с тем это выражение касается очистки воздуха от твердых взвесей в орошаемой насадке. В рассматриваемом же случае [1] генеральной задачей является очистка воздуха от газообразных примесей с использованием технологии их конденсации, обусловленной пониженной температурой орошающей воды $t_w = t_m$. Здесь температура воздуха по мокрому термометру соответственно составляет $t_m = 16,1; 17,3; 19,1; 20,2$ °С при $t = 25; 30; 35; 40$ °С.

При очистке воздуха от твердых частиц функциональная связь между степенью ее возрастания $\Delta\eta_{ТВ}$ и $t_m(T_m)$ выражается зависимостью [7]:

$$\Delta\eta_{ТВ} = (t - t_m)(1 - E)/T_m. \quad (20)$$

В этой формуле отношение $(t - t_m)/T_m$ есть критерий Гухмана Gu . После преобразования формулы (20) получим:

$$\Delta\eta_{ТВ} = (1 - E)Gu. \quad (21)$$

Из выражения (20) следует, что при понижении температуры T_m значение $\Delta\eta_{ТВ}$ очистки воздуха пропорционально увеличивается. В связи с этим можно ожидать, что значение общего показателя η будет выше полученного по выражению (5). В формуле (21) показатель степени Gu равен единице, что отражает характер процесса дополнительной очистки воздуха от частиц пыли под действием температурного напора $t - t_m$ (так называемый "термофорез"). Поскольку процесс конденсации газообразных примесей с превращением их в твердые частицы с последующим задержанием в насадке отличается от "термофореза", то по аналогии с выражением (21) это должно быть учтено введением соответствующего показателя степени m в критерии Гухмана:

$$\Delta\eta_{газ} = (1 - E)Gu^m. \quad (22)$$

Однако этот аспект требует более глубокого специального исследования, выходящего за рамки настоящей статьи.

Техническая реализация результатов исследования

При технической реализации результатов исследования в виде разработки конструкции соответствующего аппарата учтена "Экологическая концепция" ГОСТ Р 57326—2016/ISO/

ТР 14062:2002 [14], одним из важных требований которой является унификация путем использования освоенных промышленностью деталей и узлов. По сравнению с известным аппаратом [1] в рассматриваемом случае из-за пониженной подачи воздуха вместо корпуса на базе контейнера ХАПС емкостью 15 л использовано изделие емкостью 7 л, производимое предприятием ООО "М-пластика".

Другим важным требованием "Экологической концепции" является повышение эффективности использования изделия путем расширения выполняемых функций. С этой позиции целесообразным является в первом (традиционном) варианте сохранить отработанную схему компоновки агрегатов в аппарате по рекомендациям работ [1, 15], когда из круглого распределителя воздух подается на оператора, а забирается с противоположной стороны корпуса через квадратную решетку, как это показано на рис. 3, а.

Во втором (основном) варианте (рис. 3, б) воздух забирается от источника загрязнения и подается

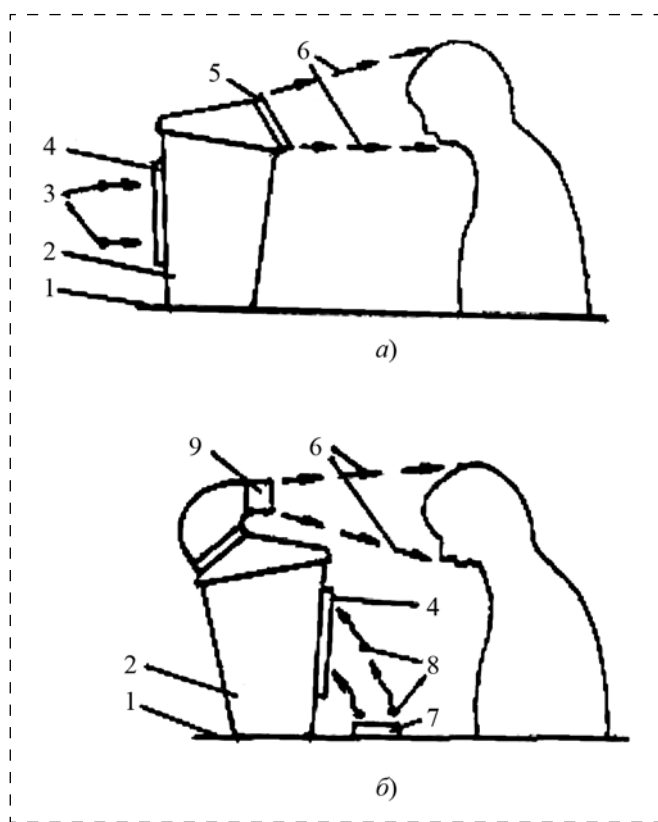


Рис. 3. Варианты применения локального аппарата:
 а — вентиляция оператора обработанным воздухом помещения; б — вентиляция оператора охлажденным и очищенным от вредных технологических выбросов воздухом; 1 — рабочий стол; 2 — локальный аппарат; 3 — поток воздуха из помещения; 4 — квадратная воздухозаборная решетка с жалюзи; 5 — круглая воздухозаборная решетка с жалюзи; 6 — поток кондиционного воздуха; 7 — источник вредных выделений в воздух; 8 — поток загрязненного воздуха; 9 — переходный патрубок с прямоугольным воздухохладителем

Технические характеристики локальных аппаратов

Показатели	Значение показателей локального аппарата	
	предлагаемого	базового [1]
Подача воздуха, м ³ /ч	25	120
Температурный коэффициент	0,35...0,62	0,66
Номинальное напряжение, В		
переменный ток	220	220
постоянный ток	12	12
Максимальная потребляемая мощность, Вт	25	45
Габаритные размеры, мм		
ширина	210	258
глубина	190	244
высота	390	474
Масса (сухая), кг	2,1	3,6
Количество заливаемой воды, л	2,0	4,0

на оператора на одной и той же стороне аппарата. Это вызывает необходимость в применении дополнительного элемента воздухохладителя в виде переходного воздуховода от круглого к прямоугольному сечению 0,055 × 0,11 м, обращенному к голове оператора. Здесь могут быть использованы детали вентиляционного назначения: круглая выходная решетка с жалюзи (габаритные размеры 0,15 × 0,15 м), выпускаемые отечественным предприятием ООО "Эра".

Технические характеристики разработанного аппарата в сравнении с локальным воздухоохладителем [15] приведены в таблице.

Список литературы

1. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Совершенствование техники и технологии очистки воздуха от вредных примесей при локальной защите оператора мобильных и стационарных объектов // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 2. — С. 3–10.
2. Техника и технология защиты воздушной среды: Учебное пособие для вузов / В. В. Юшин, В. М. Попов, П. П. Кукин и др. — М.: Высшая школа, 2004. — 391 с.
3. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Карев С. В. Нормализация теплового состояния оператора транспортного средства локальным охлаждением // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 9. — С. 2–9.
4. ГОСТ 12.1.005—88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. Графкина М. В., Нюнин Б. Н., Михайлов В. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. — М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. — 416 с.
6. Меклер В. Я., Овчинников П. А. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для техникумов. — М.: Стройиздат, 1978. — 232 с.
7. Михайлов В. А. Создание системы модульных типизированных и унифицированных средств нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах самоходных машин: Автореф. дис. д-ра техн. наук. — М.: МГТУ "МАМИ", 1999. — 50 с.
8. Голубков Б. Н., Пятчков Б. И., Романова Т. М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция. — М.: Энергия, 1982. — 232 с.
9. ГОСТ Р 50993—96. Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности.
10. Трелина К. В. Испарительное увлажнение воздушного заряда двигателей сельскохозяйственной техники для



уменьшения выбросов оксидов азота (на примере двигателя Д-120 (Д-21) // Автореф. дис. канд. техн. наук. — М.: ГНУ ГОСНИТИ, 2007. — 23 с.

11. Михайлов В. А., Карев С. В. Орошаемая насадка регулярной структуры для локального воздухоохлаждения кабин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2008. — № 7. — С. 33—35.
12. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Теоретические основы создания орошаемой насадки регулярной структуры для воздухоохлаждения кабин колесных и гусеничных машин // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 12. — С. 28—34.

13. Кокорин О. Я., Михайлов В. А. Исследование пластинчатого теплообменника косвенного испарительного охлаждения с капиллярным подъемом воды // Водоснабжение и санитарная техника. — 1976. — № 9. — С. 18—19.
14. ГОСТ Р 57326—2016/ISO/TP 14062:2002. Экологический менеджмент. Интегрирование экологических аспектов в проектирование и разработку продукции.
15. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Инновационный локальный воздухоиспарительный воздухоохладитель для кабин тракторов // Тракторы и сельхозмашины. — 2014. — № 2. — С. 3—6.

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

Energy Saving to Protect the Operator from Exposure to Harmful Factors in the Following Alno-Welding in Areas of Limited about

The issue of operator protection from harmful factors during the performance of soldering and welding works in the premises of limited volume with the temperature of the internal air is considered $t = 25...30$ °C. The expediency of the use of energy-saving technology of local "strangulation" of the operator when supplying cooled and purified from harmful impurities of air directly to the breathing zone of the operator is shown. In addition, to the implementation of sanitary norms on the temperature near the face of the operator $t_d = 22...24$ °C and the speed $v_d = 0,1...0,3$ м/с when the distance from the diffuser head to the design flow $x = 0,29$ m of conditioner air shall be an average of at least $21,5$ м³/h. It is revealed that to fulfill this condition, when air is cooled with simultaneous wet cleaning in the irrigated nozzle of a regular structure from the plates of the miplast, its temperature coefficient of efficiency E must increase at increase temperature t in the room.

In accordance with the requirements of the environmental concept meets GOST R 57326—2016/100/TR 14062: 2002, developed and tested in the laboratory a prototype of the device providing air supply at $21,5$ м³/h with the required variable efficiency of its processing in the irrigated nozzle change in the value of which is expressed by the dependence $E = 10Cu^{0,95}$.

Due to the simplicity of the design and relatively low energy consumption for the drive, such a device can be recommended for use in small businesses in areas of limited volume where there is no mechanical supply and exhaust ventilation.

Keywords: room of limited volume, natural ventilation, protection of the air environment in the workplace, the breathing zone of the operator, the local supply of conditioner air, irrigated nozzle regular structure, energy saving water- evaporative cooling, wet air cleaning from harmful impurities

References

1. Mihajlov V. A., Sotnikova E. V., Kalpina N. Yu. Sovershenstvovanie tekhniki i tekhnologii ochistki vozduha ot vrednyh primesej pri local'noj zashchite operatora mobil'nyh i stacionarnykh ob'ektov. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 2. P. 3—10.
2. **Tekhnika** i tekhnologiya zashchity vozduшной среды: Uchebnoe posobie dlya vuzov / V. V. Yushin, V. M. Popov, P. P. Kukin i dr. Moscow: Vysshaya shkola, 2004. 391 p.
3. Mihajlov V. A., Sotnikova E. V., Karev S. V. Normalizatsiya teplovogo sostoyaniya operatora transportnogo sredstva lokal'nyim ohlazhdeniem. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2008. No. 9. P. 2—9.
4. **GOST 12.1.005—88**. SSBT. Obshchie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony.
5. Grafkina M. V., Nyunin B. N., Mihajlov V. A. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*: Uchebnik. Moscow, Forum, INFRA-M, 2013. 416 p.
6. Mekler V. Ya., Ovchinnikov P. A. Promyshlennaya ventilyatsiya i kondicionirovanie vozduha: Uchebnik dlya tekhnikumov. Moscow: Strojizdat, 1978. 312 p.
7. Mihajlov V. A. Sozdanie sistemy modul'nyh tipizirovannykh i unificirovannykh sredstv normalizatsii mikroklimate i ozdorovleniya vozduшной среды v kabinah samohodnykh mashin. Avtoref. diss. d-ra tekhn. nauk. Moscow: MAMI, 1999. 50 p.

8. Golubkov B. N., Pyatachkov B. I., Romanova T. M. Kondicionirovanie vozduha, otoplenie i ventilyatsiya. Moscow: Ehnergiya, 1982. 232 p.
9. **GOST R 50993—96**. Avtotransportnye sredstva systemy ventilyatsii, otopleniya i kondicionirovaniya. Trebovaniya k ehfektivnosti i bezopasnosti.
10. Trelina K. V. Isparitel'noe uvlazhnenie vozduшной zaryada dvigatelej sel'skohozyajstvennoj tekhniki dlya umen'sheniya vybrosov oksidov azota (na primere dvigatelya D-120 (D-21)). Avtoref. diss. kand. Tekhn. nauk. Moscow: GNU GOSNITI. 2007. 23 p.
11. Mihajlov V. A., Karev S. V. Oroschaemaya nasadka reguljarnoj struktury dlya lokal'nogo vozduhoohladyatelya mashin. *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny*. 2008. No. 7. P. 33—35.
12. Mihajlov V. A., Sharipova N. N. Teoreticheskie osnovy sozdaniya oroshaemoj nasadki reguljarnoj struktury dlya vozduhoohladyatelykh kabin kolesnykh i gusenichnykh mashin. *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny*. 2014. No. 12. P. 28—34.
13. Kakorin O. Ya., Mihajlov V. A. Issledovanie plastinchatogo teploobmennika kosvennogo isparitel'nogo ohlazhdeniya s kapillyarnym pod'emom vody. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 1976. No. 9. P. 18—19.
14. **GOST R 57326—2016/ISO/TP 14062:2002**. Jekologicheskij menedzhment. Integrirovanie jekologicheskikh aspektov v proektirovanie u razrabotku produkcii.
15. Mihajlov V. A., Sharipova N. N. Innovacionnyj lokal'nyj vodoisparitel'nyj vozduhoohladyatel' dlya kabin traktorov. *Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny*. 2014. No. 2. P. 3—6.

И. А. Минаева, канд. техн. наук, доц., e-mail: i.a.minaeva@yandex.ru, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, **М. И. Смирнов**, канд. хим. наук, менеджер, ООО "Эй Джи Си Флэт Гласс Клин", Москва

Использование дополнительных акустических показателей при оценке условий труда работников нефтегазовой отрасли

Рассмотрены вопросы оценки и нормирования шума на рабочих местах работников нефтегазовой отрасли. Проведен анализ документации по нормированию шума на рабочих местах, а также по методам определения таких акустических характеристик шума, как громкость и уровень громкости. Приведен сравнительный расчет громкости и уровня громкости шума от нагнетателя ГПА компрессорной станции и шумов стандартных спектров, нормированных к такому же уровню звука. Установлено, что спектр производственного шума значительно влияет на показатели субъективно воспринимаемой громкости, что поднимает вопрос о дополнительной оценке шума на рабочих местах с помощью акустических показателей.

Ключевые слова: охрана труда, шум, уровень звука, акустика, громкость, уровень громкости

Введение

Негативное воздействие производственного шума на работников постоянно является объектом пристального внимания со стороны специалистов по охране труда.

Результаты исследований, проведенных ООО "ВНИИГАЗ" [1], показывают, что для персонала газотранспортных организаций высокий уровень шума относится к наиболее распространенным неблагоприятным производственным факторам (63 % от общего количества опасных и вредных производственных факторов). В условиях повышенного шума работает 81 % работников предприятий, кроме того, расположенные в густонаселенных районах (в основном в европейской части России) предприятия транспорта газа являются источниками шумового загрязнения территории [2].

Актуальна задача снижения уровня шума, а также сопряженных практических задач по определению соответствия характеристик оборудования требованиям к уровню шума, по прогнозированию акустических характеристик помещений и прочих, и для других объектов нефтегазовой отрасли, в частности нефтехимических предприятий [3].

При оценке вредного воздействия шума на организм человека акцент делается в первую очередь на специфические изменения органа слуха, в то же время недостаточно внимания уделяется учету действия шума как одного из наиболее существенных стрессорных производственных факторов [4].

В настоящее время общепризнана концепция экстраауральных эффектов как неспецифических проявлений действия шума (нейроэндокринные, иммунные, психические изменения), в связи с чем требуется пересмотр положений по гигиеническому нормированию.

Существующие подходы к оценке шума применимы для решения вопроса о предотвращении вреда, причиняемого слуховому аппарату работников, исключению негативных ауральных эффектов. Однако применительно к психологическому аспекту вреда (стресс), они либо неудобны в силу своей ненаглядности (оценка по отдельности в каждой частотной полосе), либо неточно учитывают спектральный состав шума (оценка по уровню звука). Указанные недостатки подхода к нормированию шума по уровню звука предлагается компенсировать новым подходом, учитывающим акустические показатели громкости и уровня громкости, определяемые в соответствии с ISO 532-1:2017 [5] и ISO 532-2:2017 [6].

Количественная оценка субъективного восприятия звука

Акустические вибрации воздуха преобразуются слуховым органом человека в субъективные звуковые ощущения. Существует связь между субъективными характеристиками (восприятием) звука и соответствующими им физическими параметрами. Человеку кажется громче звук с большим звуковым давлением. Кроме того, субъективно воспринимаемая громкость сложных



звучков зависит от их спектрального состава и изменения звукового давления во времени.

Человеческий слух имеет различную чувствительность к звуку различных частот. Зависимость субъективно воспринимаемой громкости чистых тонов от частоты представлена на рис. 1 в виде графика кривых равной громкости (изофонов), установленных ГОСТ Р ISO 226—2009 [7].

Поскольку разные полосы частот обладают разной слышимостью, они вносят разный вклад в общую воспринимаемую громкость звука. Для звука сложного спектра (в том числе производственных шумов) уровень звукового давления измеряют шумомерами для каждой полосы частот во всем диапазоне слышимости (дБ) и вычисляют взвешенный уровень звукового давления (уровень звука) с учетом поправочных коэффициентов для каждой полосы. Для стационарных производственных шумов значения частотных поправок выбирают по стандартной шкале А, приводя полученные значения уровня звука в дБА [8], для нестационарных — по стандартной шкале С. В международных стандартах по акустике "дБА" и "дБС" как особые единицы измерения в настоящее время не используются.

Однако субъективно воспринимаемая громкость сложного звука (в том числе производственных шумов) зависит не только от уровней звукового давления в полосах спектра, но и от их соотношения на полосах (частотная маскировка). Для более точной (по сравнению с уровнем звука) численной оценки субъективно воспринимаемой громкости используют показатели уровня громкости LN в фонах и громкости N в сонах.

Экспериментально уровень громкости звука оценивают, сравнивая его на слух с громкостью эталонного звука (чистого тона частотой 1000 Гц). Уровень эталонного звука (дБ), столь же громкого на слух, как и измеряемый звук, называется уровнем громкости (измеряется в фонах). Один фон — уровень громкости звука, для которого уровень равногромкого эталонного звука (1 кГц) — 1 дБ.

Увеличение уровня громкости звука на 10 фон (что соответствует повышению уровня эталонного звука на 10 дБ) субъективно воспринимается как увеличение громкости примерно в 2 раза. Для измерения уровня субъективно воспринимаемой громкости была разработана специальная линейная шкала громкости (в сонах). Уровню громкости 40 фон соответствует 1 сон. При увеличении уровня громкости на 10 фон число сон

удваивается: звук громкостью 2 сон воспринимается в 2 раза громче звука в 1 сон, звук в 3 сона — в 1,5 раза громче звука в 2 сона, звук в 6 сон — в 2 раза громче звука в 3 сона и т. д.

В интервале $40 < LN$ (фон) < 120 (что соответствует большинству производственных шумов) значение уровня громкости LN в фонах связано со значением громкости L в сонах следующим соотношением [9]:

$$L = 2^{\frac{(LN-40)}{10}}.$$

Расчет LN (фон) и N (сон) выполняется по значениям уровня звукового давления в третьоктавных частотных полосах по одной из двух стандартных акустических моделей (Цвиккера [10] или Мура-Гласберга [11]). Европейские специалисты по акустике используют преимущественно модель Цвиккера. Аттестованное программное обеспечение, соответствующее расчетным моделям ISO 532-1 и ISO 532-2 [5, 6] доступно на портале ISO.

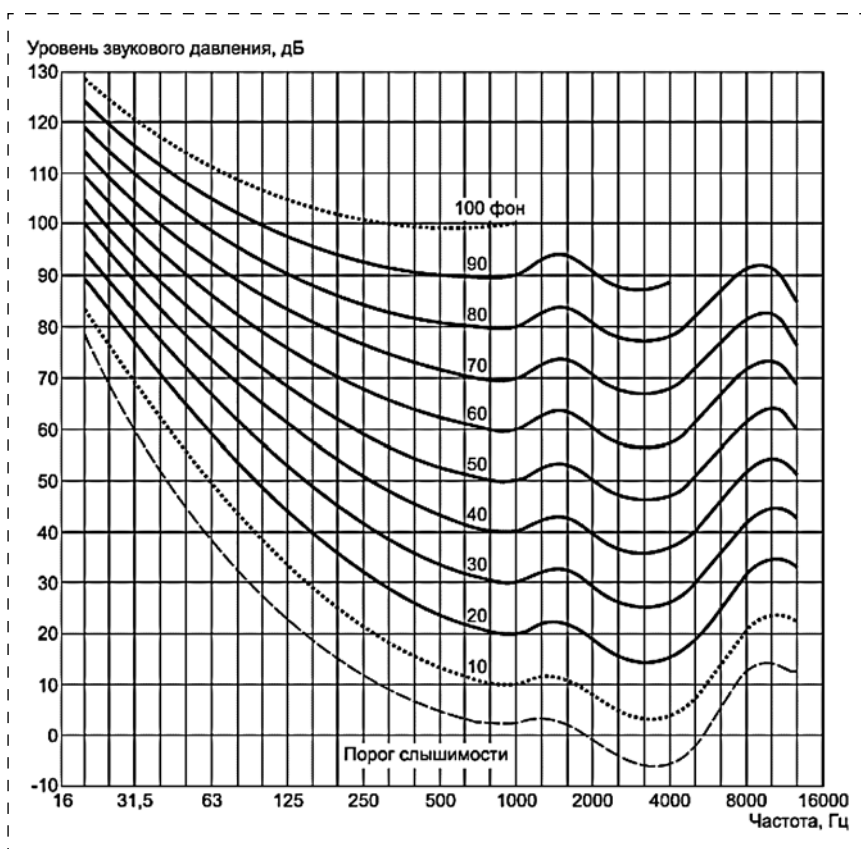


Рис. 1. Изофоны по ГОСТ ISO 226—2009

Нормирование шума на рабочих местах и источники производственных шумов

По действующим требованиям российского законодательства (Санитарные Нормы 2.2.4/2.1.8.562—96 [12] и СанПиН 2.2.4.3359—16 [13]) нормируемыми показателями шума на рабочих местах являются:

а) эквивалентный уровень звука (корректированный по А) за рабочую смену;

б) максимальные уровни звука (корректированные по А), измеренные с временными коррекциями S и I;

в) пиковый уровень звука (корректированный по С).

Предельно допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах, в зависимости от категории напряженности и тяжести трудового процесса, составляют 50...80 дБА. Максимальные уровни звука А, измеренные с временными коррекциями S и I, не должны превышать 110 дБА и 125 дБА, соответственно. Пиковый уровень звука С не должен превышать 137 дБС. Уровни звукового давления в частотных полосах не являются нормируемыми и рассматриваются как справочные параметры.

Установленные нормативы учитывают воздействие шумового фактора на орган слуха как систему, принимающую звуковую энергию. Оценка данного аспекта физического действия шума проводится на основании такого критерия, как "утомление органа слуха", связанного с изменением порога восприятия пропорционально величине звукового давления и времени экспозиции, что в явном виде зафиксировано в установленных нормативах.

Неспецифическое влияние шума учитывают по интегральным физиологическим показателям, исследуя эфферентные влияния — передачу сигналов от центральной нервной системы к периферическим сенсорным элементам тела. Наиболее адекватная характеристика такого типа воздействия, связанная с определением громкости и уровня громкости, отражает субъективные слуховые ощущения работников, сказывающиеся в первую очередь на его психоэмоциональном состоянии (уровень комфортной или дискомфортной громкости). С другой стороны, отрицательное психофизиологическое воздействие шума не может в полной мере быть количественно учтено существующими нормируемыми показателями шума,

подтверждением чего может служить сопоставление расчетных величин громкости и уровня громкости для одинаковых значений уровней звука.

В качестве примера выбрана компрессорная станция, на которой основным источником шума являются газоперекачивающие агрегаты (ГПА). Шум ГПА не сходен по спектру со стандартными шумами по ГОСТ Р 56769—2015 (ISO 717-1:2013) — белым шумом и транспортным шумом [14], что показано на рис. 2, где представлены экспериментальные данные по спектру шума на расстоянии 1 м от звукоактивной поверхности нагнетателя ГПА [15], с расчетным уровнем звука 107 дБА и стандартные спектры белого и транспортного шумов, нормализованные к 107 дБА.

Расчеты громкости (L) и уровня громкости (LN) для приведенного на рис. 2 шума нагнетателя ГПА (1 м), а также для стандартных спектров были выполнены по методу Цвиккера. Поскольку стандартные спектры определены ISO 717-1:2013 [14] для диапазона 50...5000 Гц, а метод Цвиккера учитывает значения уровня звука в более широком диапазоне (25...12500 Гц), значения уровней звука для стандартных спектров в дополнительных полосах (25...40 и 6300...12500 Гц) были определены экстраполяцией. Полученные результаты приведены в таблице.

Показатель	Шум нагнетателя ГПА (1 м), 107 дБА	Белый шум (нормализованный к 107 дБА)	Транспортный шум (нормализованный к 107 дБА)
L (сон)	214	295	293
LN (фон)	117	122	122

Как видно из таблицы, стандартные шумы (белый и транспортный), при всем различии их

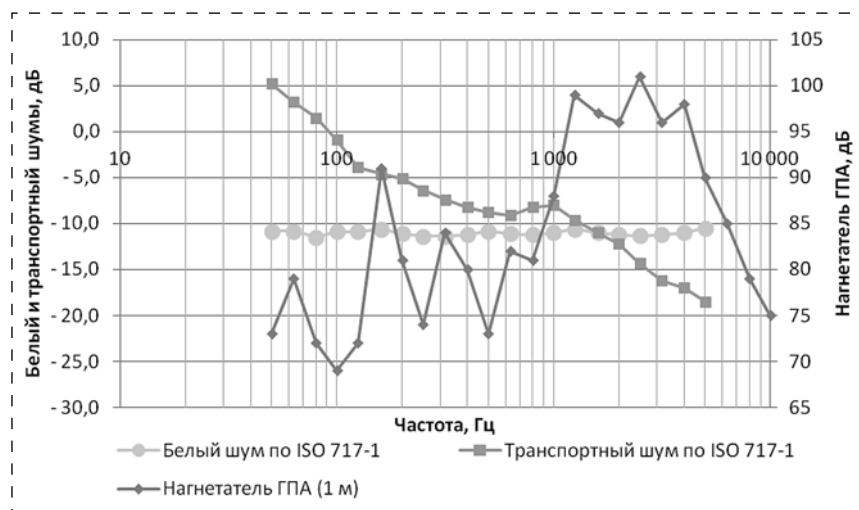


Рис. 2. Спектры шумов (без учета частотной коррекции)



спектров, обладают примерно одинаковыми показателями громкости при одинаковом уровне звука. Однако шум нагнетателя ГПА при таком же уровне звука (107 дБА) существенно отличается по громкости. Расчетное значение громкости L для шума нагнетателя ГПА в 1,4 раза отличается от значений громкости для стандартных шумов с таким же уровнем звука. Таким образом, степень стрессорного воздействия на работников шумов с одинаковым уровнем звука, но разного спектра может существенно различаться.

Расчетные модели Цвиккера и Мура—Гласберга применимы и к нестационарным шумам, что позволяет использовать основные принципы нормирования шума на рабочих местах, т. е. устанавливать предельно допустимые эквивалентные и пиковые значения акустических показателей "громкость" и "уровень громкости".

Выводы

Расчетные значения громкости и уровня громкости для шумов стандартных спектров практически одинаковы при одинаковом уровне звука. Иначе говоря, громкость транспортного и белого шумов с одинаковым уровнем звука воспринимается практически одинаково.

В отличие от этого, спектр производственного шума значительно влияет на показатели субъективно воспринимаемой громкости. Таким образом, вопрос о дополнительной оценке шума на рабочих местах с помощью громкости и уровня громкости, определяемых по ISO 532-1 [5] и ISO 532-2 [6], и о соответствующем изменении в нормативной документации заслуживает изучения, а специалистам по охране труда, возможно, будет полезно по-новому взглянуть на принципы нормирования шума на рабочих местах.

Список литературы

1. **Снижение** шума газоперекачивающих агрегатов и повышение безопасности труда на объектах ОАО "Газпром". Сборник научных трудов. — М.: ВНИИГАЗ, 2004.
2. **Терехов А. Л.** Шум газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях магистральных газопроводов и способы его снижения. — М.: ООО "ВНИИГАЗ", 2003.
3. **Производственный шум** как фактор профессионального риска на предприятиях нефтехимической отрасли / А. Д. Волгарева, Л. К. Каримова, Л. Н. Маврина и др. // Анализ риска здоровью. — 2017. — № 1. — С. 116—124.
4. **Измеров Н. Ф., Суворов Г. А.** Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. — М.: Медицина, 2003. — 556 с.
5. **ISO 532-1:2017 Acoustics — Methods for calculating loudness — Part 1: Zwicker method.** ISO — International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/63077.html> (дата обращения 24.09.2018).
6. **ISO 532-2:2017 Acoustics — Methods for calculating loudness — Part 2: Moore-Glasberg method.** ISO — International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/63078.html> (дата обращения 24.09.2018).
7. **ГОСТ Р ISO 226—2009.** Акустика. Стандартные кривые равной громкости.
8. **ГОСТ 17187—2010 (МЭК 61672-1).** Шумомеры. Часть 1. Технические требования.
9. **Иофе В. К., Янпольский А. А.** Расчетные графики и таблицы по электроакустике. Л., 1954.
10. **Program code**, executables, test signals and results (including tolerances) for calculation of loudness according to ISO 532-1 (Zwicker method) // ISO Standards Maintenance Portal. URL: <http://standards.iso.org/iso/532-1/ed-1/en> (дата обращения 24.09.2018).
11. **Program** for calculation of loudness according to ISO 532-2 (Moore—Glasberg method) // ISO Standards Maintenance Portal. URL: <http://standards.iso.org/iso/532-2/ed-1/en> (дата обращения 24.09.2018).
12. **СН 2.2.4/2.1.8.562—96** Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
13. **СанПиН 2.2.4.3359—16** Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
14. **ГОСТ Р 56769—2015 (ISO 717-1:2013)** Здания и сооружения. Оценка звукоизоляции воздушного шума.
15. **Терехов А. Л.** Исследования и снижение шума на компрессорных станциях магистральных газопроводов. — М.: ИПЦ Газпром, 2000.

I. A. Minaeva, Associate Professor, e-mail: i.a.minaeva@yandex.ru, Gubkin University, Moscow, **M. I. Smirnov**, Manager, LTD "AGC Flat Glass Klin", Moscow

Use of Additional Acoustic Indicators in the Assessment of Working Conditions of Oil and Gas Industry Workers

The article examines a topic of estimation and regulation of noise at the workplaces of employees of gas transportation companies. The analysis of the norms on noise at the workplaces, as well as methods for determining the basic psychoacoustic characteristics of noise (Loudness and Loudness Level) is given. A comparative calculation of the Loudness and Loudness Level of noise from the compressor of the gas compressor units of the gas compressor station and the noise of the standard spectra normalized to the same sound level is given. It is established that in contrast to standard noise, the spectrum of production noise significantly affects the indicators of loudness perceived sensed by human ear, taking up the matter of additional assessment of noise in the workplace using psychoacoustic indicators according.

Keywords: industrial safety, occupational health, noise, sound level, loudness level, loudness, psychoacoustics

References

1. **Snizhenie** shuma gazoperekachivayushhih agregatov i povыshenie bezopasnosti truda na ob'ektax OAO "Gazprom". Sbornik nauchnyh trudov. Moscow: VNIIGAZ, 2004.
2. **Terekhov A. L.** Shum gazoperekachivayushhih agregatov na kompressornyh stanciyah magistral'nykh gazoprovodov i sposoby ego snizheniya. Moscow: OOO "VNIIGAZ", 2003.
3. **Proizvodstvennyj** shum kak faktor professional'nogo riska na predpriyatiyax nefximiche-skoj otrasli / A. D. Volgareva, L. K. Karimova, L. N. Mavrina i dr. // *Analiz riska zdorov'yu*. 2017. No. 1. P. 116–124.
4. **Izmerov N. F., Suvorov G. A.** Fizicheskie faktory proizvodstvennoj i prirodnoj sredy. Gigienicheskaya ocenka i kontrol'. Moscow: Medicina, 2003. 556 p.
5. **ISO 532-1:2017** Acoustics — Methods for calculating loudness — Part 1: Zwicker method. URL: <https://www.iso.org/standard/63077.html> (date of access 24.09.2018).
6. **ISO 532-2:2017** Acoustics — Methods for calculating loudness — Part 2: Moore-Glasberg method. URL: <https://www.iso.org/standard/63078.html> (date of access 24.09.2018).
7. **GOST R ISO 226—2009.** Akustika. Standartnye krivye ravnoj gromkosti.
8. **GOST 17187—2010** (ME'K 61672-1) Shumomery. Chast' 1. Tehnicheskie trebovaniya.
9. **Iofe V. K., Yanpol'skij A. A.** Raschyotnye grafiki i tablicy po e'lektroakustike. Leningrad, 1954.
10. **Program** code, executables, test signals and results (including tolerances) for calculation of loudness according to ISO 532-1 (Zwicker method). ISO Standards Maintenance Portal. URL: <http://standards.iso.org/iso/532/-1/ed-1/en> (date of access 24.09.2018).
11. **Program** for calculation of loudness according to ISO 532-2 (Moore-Glasberg method) // ISO Standards Maintenance Portal. URL: <http://standards.iso.org/iso/532/-2/ed-1/en> (date of access 24.09.2018).
12. **SN 2.2.4/2.1.8.562—96** Shum na rabochix mestax, v pomeshheniyax zhilyh, obshhestvennyh zdaniy i na territorii zhiloy zastrojki. Sanitarnye normy.
13. **SanPiN 2.2.4.3359—16** Sanitarno-e'pidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochih mestah.
14. **GOST R 56769—2015** (ISO 717-1:2013) Zdaniya i sooruzheniya. Ocenka zvukoizolyacii vozdušnogo shuma.
15. **Terekhov A. L.** Issledovaniya i snizhenie shuma na kompressorny'h stanciyah magistral'nyh gazoprovodov. Moscow: IRCz Gazprom, 2000.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2019 г.

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

Подписной индекс по Объединенному каталогу:

"Пресса России" — 94032

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 614.8.084

Н. К. Смирнова, канд. техн. наук, доц., **В. А. Кривобокова**, канд. биол. наук, доц., e-mail: krivoborova10@rambler.ru, Курганский государственный университет

К вопросу о снижении вреда здоровью работников электролизного производства с помощью рационализации режима рабочего времени

Приведены данные анализа графика работы электролизника расплавленных солей одного из заводов. На основании проведенной оценки действующего графика и выявленных при его составлении неучтенных закономерностей суточной динамики протекания биологических процессов в организме человека представлен более рациональный график сменности, в котором максимально сокращено время ночной работы электролизника. Предложенный график направлен на предупреждение несчастных случаев на производстве и заболеваний работников.

Ключевые слова: работоспособность, режим труда и отдыха, ночная смена, утомление, переутомление, работники электролизного производства

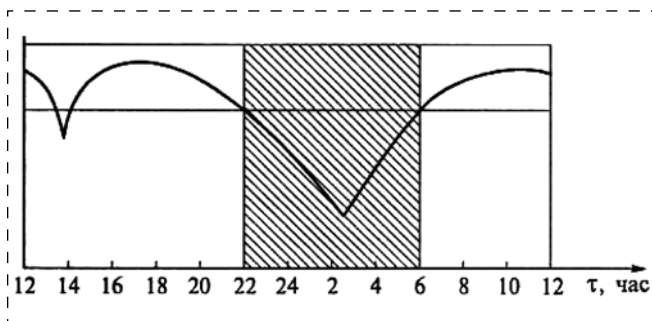
Следует отметить, что почти четверть всех работающих людей нашей страны (охранники, диспетчеры, работники силовых структур, медперсонал, сотрудники авиа- и других перевозчиков, автозаправок, типографий, промышленных предприятий и др.) вынуждены работать ночью [1]. При этом происходит смещение ритма сна и бодрствования, что по оценкам медиков губительно сказывается на здоровье человека. Распространенными становятся такие заболевания, как синдром хронической усталости, в более раннем возрасте появляются гипертония, инсульт, инфаркт, нервные заболевания и т. д. [2]. Хроническое недосыпание — это привычное состояние организма, лишенного полноценного отдыха. В итоге люди становятся агрессивными, раздражительными или, наоборот, рассеянными и невнимательными, у них быстро накапливается усталость, они более склонны к "профессиональному выгоранию". Вместе с тем сомнологи отмечают, что эти проблемы характерны лишь для тех, кто работает по ночам чаще 2 раз в неделю [1].

В соответствии с международной классификацией термин "ночной труд" означает любую работу, которая осуществляется в течение периода продолжительностью не менее 7 часов подряд, включая промежуток между полночью и 5 часами утра. В России ночным считается время с 22 часов до 6 часов утра [3].

Исследования показывают, что сотрудники, работающие в ночную смену, спят меньше тех, кому приходится трудиться днем. Когда накапливается усталость, производительность может резко

снизиться. Этот эффект усиливается, если человек пытается отоспаться в свой выходной день и часы сна у него меняются, т. е. ухудшается основной показатель трудовой деятельности человека — работоспособность, которая характеризуется количеством и качеством работы за определенное время. Работоспособность определяется функциональными, психическими возможностями организма человека к выполнению определенной работы и колеблется в соответствии с суточными, недельными, месячными, годовыми биологическими ритмами. Организм по-разному реагирует на физическую и нервно-эмоциональную нагрузку не только в течение суток, но и во время рабочего дня [4].

На физиологической кривой динамики суточной работоспособности (см. рисунок) отчетливо выделяются два минимума. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 часами, второй



Физиологическая кривая динамики суточной работоспособности

минимум приходится на ночное время с 3 до 4 часов утра. Очевидно, что работая в ночную смену, человек совершает определенное насилие над своим организмом, поэтому производственная нагрузка в ночную смену должна быть существенно ниже, чем в дневную.

В течение рабочей недели работоспособность человека также не одинакова: она повторяет одну из половин рабочего дня. В первый рабочий день, понедельник, происходит вработываемость; во вторник, среду и четверг работоспособность достигает высокого уровня и в последующие дни недели резко падает, достигая минимума в субботу, что связано с утомлением организма. Поэтому на большинстве предприятий с 1967 г. для того, чтобы исключить фазу развивающегося утомления и наибольшее число ошибок при работе, с ним связанное, была введена пятидневная рабочая неделя с сохранением общего количества рабочих часов в неделю [4].

Утомление — это психологическое состояние человека, возникающее в результате выполнения труда большой тяжести, напряженности или продолжительности и выражающееся в количественном и качественном ухудшении его результатов. Это физиологическое состояние человека обратимо, если работоспособность восстанавливается к началу следующего периода работы. В противном случае утомление может накапливаться и переходить в переутомление — более стойкое снижение работоспособности, которое в дальнейшем приводит к снижению сопротивляемости организма и развитию заболеваний. Утомление и переутомление нередко являются причинами травматизма на производстве.

Различают быстро и медленно развивающееся утомление: первое возникает при очень интенсивной работе (труд металлурга, работника творческого труда), второе — при длительной однообразной работе (труд водителя, сборщика на конвейере). Утомление физическое возникает в результате повышенной тяжести труда, умственное — в результате повышенной напряженности труда. С физическим утомлением человек справляется легче, так как мышцы восстанавливаются быстрее. В то же время физическое и умственное утомление влияют друг на друга. При тяжелом физическом утомлении умственная работа малопродуктивна, а при умственном утомлении человек испытывает физическую усталость. Напряженность, возникающая в результате утомления, влияет на качество и продолжительность сна, особенно после работы в ночь. В свою очередь, недостаточный сон способствует более быстрому возникновению утомления и его следствию — напряженности.

В процессе освоения работы и профессии период вработываемости сокращается, человек приобретает рабочие навыки, быстрее мобилизует

функциональные системы, доводя их деятельность до уровня, соответствующего рабочим запросам организма. У людей с невыработанными профессиональными навыками стадия вработываемости сменяется стадией гиперкомпенсации, когда в организме еще не достигнуто полное соответствие между предъявленной ему нагрузкой и реакцией на нее соответствующих физиологических систем. У профессионалов, хорошо владеющих рабочими навыками, стадия гиперкомпенсации отсутствует. В этом случае стадию вработываемости сменяет стадия устойчивой работоспособности.

Исходя из сказанного, для работ в ночь, по скользящему графику в электролизном производстве алюминия необходимо привлекать опытных квалифицированных работников, владеющих эффективными безопасными приемами, навыками труда и его организации, владеющих смежными профессиями, что обеспечивает не только взаимозаменяемость работников при обстоятельствах "форс мажора", но и снижает воздействие вредных производственных факторов при неблагоприятных условиях труда.

Учитывая актуальность данного вопроса, целью исследования явилось оценить режим работы электролизника расплавленных солей одного из филиалов Уральского алюминиевого завода (УАЗ).

Исходя из поставленной цели, были сформулированы следующие задачи:

- 1) провести анализ нормативно-правовых актов и научной литературы по данной теме;
- 2) оценить действующий график работы электролизника расплавленных солей;
- 3) разработать рациональный график сменности, максимально сокращающий время ночной работы.

Сферой деятельности электролизника расплавленных солей является металлургия, производство алюминия и сплавов на основе алюминия, участие в ведении процесса электролиза и электролитического рафинирования алюминия, магния, титана и редких металлов. Трудовой процесс электролизника расплавленных солей, характеризующийся большим разнообразием операций и частым переключением видов деятельности (до 50...60 раз в смену), происходит в условиях воздействия химических и физических вредных факторов. Следует подчеркнуть, что процесс электролиза алюминия непрерывен.

Работоспособность человека в течение недели подвержена циклическим изменениям, в недельной динамике фаза высокой работоспособности приходится на вторник, среду и четверг. Подобная динамика характерна и для скользящего графика работы, где фаза высокой работоспособности приходится на вторник и среду рассматриваемых ниже графиков, поэтому необходимо максимальное использование этих дней в интересах производства.



В системе мероприятий по научной организации труда (НОТ) важное место отводится внедрению рациональных режимов труда и отдыха, обеспечивающих высокую эффективность труда и сохранение здоровья персонала предприятия. При разработке режимов труда и отдыха необходимо руководствоваться следующим:

- рациональное чередование работы и отдыха как одно из средств предупреждения утомления должно проводиться при выполнении всех работ (функций);
- при совершенствовании режимов работы и отдыха необходимо учитывать воздействие условий труда на организм человека, его работоспособность;
- соблюдать единые принципы и методологию определения количества и продолжительности перерывов на отдых при шести и восьмичасовой смене;
- учитывать, что регламентированный отдых эффективнее, чем беспорядочные перерывы в работе, устанавливаемые по усмотрению работающих; случайные простои из-за недостатков в организации труда и производства не могут считаться полноценным отдыхом, так как вызывают нарушение рабочего динамического стереотипа и отрицательные эмоции;
- содержание отдыха и его продолжительность должны быть подчинены одной цели — максимальному снижению утомления и обеспечению высокой и устойчивой работоспособности на протяжении рабочего дня (смены).

Режим работы характеризуется продолжительностью рабочего дня, сменностью и регламентацией внутрисменного отдыха. При оценке факторов напряженности трудового процесса изучаются функциональные особенности работников, технологические инструкции, проводятся опросы работников.

Одним из факторов, влияющих на утомляемость, напряженность труда работника на производстве с вредными и неблагоприятными условиями при 36-часовой сокращенной рабочей неделе, являются график сменности, продолжительность рабочей смены, отпуск. Эффективность внедряемых режимов труда и отдыха зависит от того, насколько правильно учитываются закономерности суточной динамики протекания биологических процессов в организме человека, так как сила и направленность его реакций изменяются в зависимости от времени суток. Утром и днем важнейшие психофизиологические функции человека отличаются наибольшей, а в ночное время — наименьшей активностью. Учитывая неблагоприятное воздействие ночных смен на здоровье работников и их производственные показатели, необходимо изыскивать возможности сокращения работ в ночное время, в частности, путем

применения рациональных графиков сменности, максимально сокращающих ночную работу.

Рассмотрим представленный в табл. 1 существующий график работ в электролизном производстве. Данный график является графиком обратной очередности, т. е. за вечерними сменами в цикле следуют дневные, а за дневными — ночные смены. В табл. 1 показан график работы пяти смен продолжительностью 6 часов при 36-часовой рабочей неделе, в сутках четыре рабочие смены и один выходной день (обозначен звездочкой):

- 1-я смена с 1 до 7 часов утра;
- 2-я смена с 7 до 13 часов дня;
- 3-я смена с 13 до 19 часов вечера;
- 4-я смена с 19 до 1 часа ночи.

Таблица 1

График работы пяти смен обратной очередности продолжительностью 6 часов

Смена Числа месяца	Варианты очередности смен					Дни недели
	А	Б	В	Г	Д	
1	1	2	*	4	3	Понедельник
2	1	2	4	*	3	Вторник
3	1	2	4	3	*	Среда
4	1	*	4	3	2	Четверг
5	*	1	4	3	2	Пятница
6	4	1	*	3	2	Суббота
7	4	1	3	*	2	Воскресенье
8	4	1	3	2	*	Понедельник
9	4	*	3	2	1	Вторник
10	*	4	3	2	1	Среда
11	3	4	*	2	1	Четверг
12	3	4	2	*	1	Пятница
13	3	4	2	1	*	Суббота
14	3	*	2	1	4	Воскресенье
15	*	3	2	1	4	Понедельник
16	2	3	*	1	4	Вторник
17	2	3	1	*	4	Среда
18	2	3	1	4	*	Четверг
19	2	*	1	4	3	Пятница
20	*	2	1	4	3	Суббота
21	1	2	*	4	3	Воскресенье
22	1	2	4	*	3	Понедельник
23	1	2	4	3	*	Вторник
24	1	*	4	3	2	Среда
25	*	1	4	3	2	Четверг
26	4	1	*	3	2	Пятница
27	4	1	3	*	2	Суббота
28	4	1	3	2	*	Воскресенье
29	4	*	3	2	1	Понедельник
30	*	4	3	2	1	Вторник
Число рабочих дней/ выходных дней за месяц	24/6	24/6	24/6	24/6	24/6	

Последовательность смен обратная, четыре дня рабочих и один выходной. На примере смены А в графике работы (см. табл. 1) представлено 4 рабочих дня подряд в 1-ю смену, один день выходной, следующие 4 рабочих дня подряд в 4-ю смену и т. д. Пересменок между рабочими днями составляет 18 часов. Буквами А, Б, В, Г, Д обозначены возможные варианты очередности смен.

Недостатком данного графика является наличие подряд более одной ночной смены, которое приводит к тому, что адаптационные механизмы организма человека не успевают включаться и затрудняется восстановление психофизиологических параметров человека и возрастает напряженность труда, вызываемая недосыпанием и усталостью при переходе из ночной в ночную смену, возникает монотонность труда за счет увеличения циклов повторяемости смен [5].

После анализа существующего графика работы электролизников и выявления недостатков, был разработан график работы, позволяющий защитить человека временем от воздействия факторов производственной среды и уменьшить напряженность труда в результате исключения перехода из ночной в ночную смену (табл. 2). Данный график представляет собой график работы пяти смен прямой очередности, в сутках три рабочие смены продолжительностью 8 часов каждая и 2 дня выходных (обозначены звездочками):

- первая рабочая смена с 23 часов предыдущего дня до 7 часов утра текущего дня;
- вторая рабочая смена с 7 до 15 часов дня;
- третья рабочая смена с 15 до 23 часов ночи.

Увеличение продолжительности рабочей смены работникам с вредными условиями труда соответствует требованиям Федерального закона от 28.12.2013 № 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями) [6].

Продолжительность отдыха в выходные дни составляет 48 часов, продолжительность перехода из смены в смену (пересменок) составляет 24 часа.

Важным качеством графика является его большее соответствие естественным психофизиологическим особенностям организма и природным биологическим ритмам человека. Так, первая рабочая смена в ночь совпадает с вработываемостью, входением в трудовой процесс, а последний рабочий день приходится на вечернюю 3-ю смену, совпадает со снижением суточной активности, понижением работоспособности человека и плавным выходом из трудового процесса. Пиковая же работоспособность приходится на середину цикла

График работы пяти смен прямой очередности продолжительностью 8 часов

Смена Числа месяца	Варианты очередности смен					Дни недели
	А	Б	В	Г	Д	
1	1	*	*	2	3	Понедельник
2	2	1	*	3	*	Вторник
3	3	2	1	*	*	Среда
4	*	3	2	*	1	Четверг
5	*	*	3	1	2	Пятница
6	1	*	*	2	3	Суббота
7	2	1	*	3	*	Воскресенье
8	3	2	1	*	*	Понедельник
9	*	3	2	*	1	Вторник
10	*	*	3	1	2	Среда
11	1	*	*	2	3	Четверг
12	2	1	*	3	*	Пятница
13	3	2	1	*	*	Суббота
14	*	3	2	*	1	Воскресенье
15	*	*	3	1	2	Понедельник
16	1	*	*	2	3	Вторник
17	2	1	*	3	*	Среда
18	3	2	1	*	*	Четверг
19	*	3	2	*	1	Пятница
20	*	*	3	1	2	Суббота
21	1	*	*	2	3	Воскресенье
22	2	1	*	3	*	Понедельник
23	3	2	1	*	*	Вторник
24	*	3	2	*	1	Среда
25	*	*	3	1	2	Четверг
26	1	*	*	2	3	Пятница
27	2	1	*	3	*	Суббота
28	3	2	1	*	*	Воскресенье
29	*	3	2	*	1	Понедельник
30	*	*	3	1	2	Вторник
Число рабочих дней/ выходных дней за месяц	18/12	18/12	18/12	18/12	18/12	

во второй рабочий день, когда в соответствии с биологическими ритмами психофизиологическое состояние организма человека характеризует готовность к наибольшим нагрузкам, противодействию отрицательных факторов производственной и окружающей среды.

Положительной особенностью предлагаемого графика является то, что создаются условия, при которых каждый второй рабочий день в любой из пяти вариантов очередности смен — А, Б, В, Г, Д приходится на фазу наибольшей работоспособности как суточного, так и рабочего цикла, т. е. из 30 дней все 30 дневных смен, с 7 до 15 часов, способны обеспечить максимальную эффективную производительность коллектива бригады



электролизников. Этому способствует совпадение естественных ритмов трудовой активности электролизников всех смен и бригадира бригады электролизников, что, в свою очередь, создает условия для разработки внутрисменного регламента труда и отдыха. Данный график позволяет выделить 13 дней пиковой коллективной работоспособности бригады электролизников из 30 дней месяца.

Данный график направлен на оптимизацию трудовой деятельности работников электролизного производства, защиту их временем от факторов производственной среды и снижение напряженности труда. Отсутствие в этом графике очень коротких и очень длинных выходных дней является благоприятным условием для трудовой деятельности работников.

Таким образом, предложенный график учитывает закономерности суточной динамики протекания биологических процессов в организме человека и направлен на предупреждение несчастных случаев на производстве и заболеваний работников.

Представленный материал имеет большую практическую значимость, так как основным принципом системы управления безопасностью труда является минимизация отрицательных воздействий человеческого фактора на

производственную деятельность и может быть интересен для специалистов служб охраны труда и управления персоналом предприятий при организации работы в условиях непрерывного производства.

Список литературы

1. **Здоровье** в ночную смену. URL: <https://apteka.ru/info/articles/zdorovyy-obraz-zhizni/zdorove-nochnaya-smena/> (дата обращения 21.04.2018 г.).
2. **Стасева Е. В., Акимов А. А., Стасева Е. И.** Система биологических ритмов человека в основе профилактической работы по охране труда // Техносферная безопасность, надежность, качество, энергосбережение: ТЗ8. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XVI: В 2 т. — Том 1. — Ростов-н/Д: Ростовский государственный строительный университет, 2014. — С. 169—178.
3. **Конвенция** МОТ № 171 "О ночном труде" (Женева 26.06.1990 г.). URL: <http://base.garant.ru/2541270/> (дата обращения 21.04.2018).
4. **Глебова Е. В.** Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 2005. — С. 375—379.
5. **Шкрабак В. С., Смирнова Н. К.** К вопросу оценки напряженности трудового процесса // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник науч. трудов. — Ч. 1 / СПбГАУ. — СПб., 2018. — С. 530—535.
6. **Федеральный закон** от 28.12.2013 № 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" (с изменениями и дополнениями). URL: <http://base.garant.ru/70552680/#ixzz5PjAwlUCh> (дата обращения 21.04.2018).

N. K. Smirnova, Associate Professor, **V. A. Krivobokova**, Associate Professor,
e-mail: krivoborova10@rambler.ru, Kurgan State University

To the Issue of Reducing the Harm to the Health of Workers in the Electrolysis Industry by Rationalizing the Working Time Regime

The article presents an analysis of the operation schedule of the electrolysis of molten salts of one of the branches of the Ural Aluminum Plant. On the basis of the conducted evaluation of the current schedule and the revealed unaccounted regularities in the succinct dynamics of the course of biological processes in the human organism during its compilation, the authors developed a rational schedule of shifts, in which the time of night work of the electrolysis was shortened. The proposed schedule is aimed at preventing occupational accidents and diseases of employees. The presented material is of great practical importance, since the main principle of the labor safety management system is the minimization of the negative impacts of the human factor on production activities.

Keywords: working capacity, mode of work and rest, night shift, fatigue, overwork, workers of electrolysis

References

1. **Zdorove** v nochnuyu smenu. URL: <https://apteka.ru/info/articles/zdorovyy-obraz-zhizni/zdorove-nochnaya-smena/> (date of access 21.04.2018).
2. **Staseva E. V., Akimov A. A., Staseva E. I.** Sistema biologicheskikh ritmov cheloveka v osnove profilakticheskoy raboty po ohrane truda // *Tekhnosfernaya bezopasnost, nadezhnost, kachestvo, energosberezhenie: T38. materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii*. Vyp. XVI: v 2 tomah. Vol. 1. Rostov-na-Donu: Rostovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet, 2014. P. 169—178.
3. **Konvenciya** mot № 171 "O nochnom trude" (Zheneva 26.06.1990 g.). URL: <http://base.garant.ru/2541270/> (date of access 21.04.2018).
4. **Glebova E. V.** Proizvodstvennaya sanitariya i gigiena truda: uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: Vysshaya shkola, 2005. P. 375—379.
5. **Shkrabak V. S., Smirnova N. K.** K voprosu ocenki napryazhennosti trudovogo processa. *Nauchnoe obespechenie razvitiya apk v usloviyax importozameshheniya: sbornik nauchn. trudov*. Chast I / Saint-Petersburg. SpbGau, 2018. P. 530—535.
6. **Federalniy zakon** ot 28.12.2013 № 421-FZ "O vnesenii izmenenii v otdelnye zakonodatelnye akti Rossiiskoi Federacii v svyazi s prinyatiem Federalnogo zakona "O specialnoi ocenke uslovii truda" s izmeneniyami i dopolneniyami, URL: <http://base.garant.ru/70552680/#ixzz5PjAwlUCh> (date of access 21.04.2018).

УДК 614.843, 614.76

Т. А. Будыкина, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: tbudykina@yandex.ru,
Академия гражданской защиты МЧС России, Химки, Моск. обл.

Концепция противопожарной и экологической защиты нефтебаз

Рассмотрена концепция противопожарной и экологической защиты объектов хранения нефти. Приведены данные анализа причин, очагов возникновения, сложности тушения пожаров на нефтебазах, а также статистика аварийности на объектах хранения нефти, данные о напряженной экологической обстановке на территориях нефтебаз. Представлен комплекс мероприятий по обеспечению противопожарной и экологической защиты нефтебаз — реновация резервуарных парков, обустройство системы контроля пожароопасной среды внутри резервуаров, установка пожарных роботов на пожарных вышках, системы самотушения горящих при проливах горючих жидкостей, применение высокоэффективного пенообразователя "Шторм", эластичных пожарных резервуаров и слива горючих жидкостей.

Ключевые слова: нефтебазы, тушение пожаров, загрязнение подземных вод, реновация резервуарных парков, пожарные роботы, пожарные вышки, пенообразователи, устройство для самотушения горючих жидкостей при проливах, эластичные пожарные резервуары

Введение

Крупные нефтебазы относятся к группе особо опасных предприятий, так как на них сосредоточены большие запасы взрыво- и пожароопасных веществ (бензин, дизельное топливо). Для нефтебаз с резервуарными парками для хранения нефти и нефтепродуктов наиболее опасной аварийной ситуацией, приводящей к чрезвычайным ситуациям, является пожар и распространение вместе с горящим потоком открытого огня, теплового излучения пламени и других опасных факторов пожара на большие площади и расстояния, часто — за пределы территории объекта. Кроме того, из-за эксплуатации физически изношенного резервуарного парка 1950—1960-х годов характерными нарушениями экологической безопасности являются технологические, аварийные разливы нефти на почву и, как следствие этого, загрязнение земельных ресурсов, подземных и поверхностных вод с превышением ПДК в сотни раз на значительных территориях.

Пожары на нефтебазах являются техногенной катастрофой, приводящей к огромному экологическому бедствию, так как пожары трудно тушатся, несут затяжной характер, требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации, характеризуются сложными процессами развития, приводят к значительным

материальным ущербам. Сложность тушения пожаров обусловлена целым рядом причин [1]:

- высокой пожароопасностью нефтепродуктов;
- значительными размерами поверхности горения;
- трудностью, длительностью процесса охлаждения большого объема горючей жидкости в резервуаре ниже температуры вспышки;
- развитием в окружающее пространство от горящих емкостей мощного теплового излучения, пламени высотой 1—2 диаметра горящего резервуара и, в связи с этим, ограничение доступа пожарных к резервуарам из-за отсутствия средств защиты, способных выдержать температуру порядка 1000 °С в течение времени тушения пожара;
- близким расположением резервуаров и, вследствие этого, передачей тепла от горящего резервуара к соседнему с последующим каскадным возгоранием всего резервуарного парка (при пожаре развивается температура 1000 °С и выше; температура воспламенения бензина АИ-95 — +380 °С; дизельного топлива — +210 °С);
- высокой задымленностью;
- сложностью подъезда и оптимального размещения, маневров пожарной техники для подачи огнетушащих веществ;
- привлечения для тушения пожаров специальной техники — автомобильных пеноподъемников для работы на высоте 6...18 м (резервуары вертикальные стальные для хранения



нефтепродуктов являются высотными сооружениями), что усугубляет опасность выполнения поставленной задачи для работников пожарной охраны;

— угрозой взрыва, вскипания, выброса всплывшей массы через борт резервуара, разрушением резервуара со стремительным высвобождением нагретой жидкости в окружающее пространство, что чрезвычайно опасно для жизни людей.

Ежегодная статистика чрезвычайных ситуаций на объектах хранения нефти неумолима: пожары на нефтебазах приводят к гибели людей. Приведем лишь несколько цифр:

— октябрь 2017 г., при пожаре бензинового резервуара объемом 10 000 м³ на предприятии ООО "ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез", г. Кстово погибло четыре человека [2];

— июнь 2015 г., при пожаре на нефтебазе в Киевской области в селе Крячки (Украина) погибли шесть человек [3];

— январь 2014 г., пожар на верхней площадке нефтебазы в Мурманске унес жизнь одного человека [4].

Анализ причин аварийности на объектах хранения нефти

В результате анализа объектов, очагов возникновения, причин пожаров на предприятиях, использующих в больших объемах нефтепродукты [5], на основе данных годовых отчетов СЭУ ФПС "ИПЛ" из восьми регионов России о пожарах за 2010—2014 гг. установлено, что основными объектами пожаров являлись:

- резервуарные парки (нефтебазы) — 30,5 %;
- резервуары для хранения нефтепродуктов на НПЗ — 15 %;
- автозаправочные станции — 11,25 %;
- автомобильные цистерны для перевозки нефтепродуктов — 6,25 %;
- сливо-наливные эстакады; железнодорожные цистерны для перевозки нефтепродуктов на нефтебазах; нефтепроводы, расположенные на территории нефтебаз — 7,5 %;
- резервуары для хранения нефтепродуктов промышленных предприятий, склад горюче-смазочных материалов — 5 %;
- прочие объекты, не относящиеся к хранению нефти (ректификационные колонны, буровые установки для добычи нефти, нефтеналивные танкеры и др.) — 24,5 %.

Таким образом, третья часть пожаров происходит на нефтебазах, что подтверждает опасность нефтебаз по вероятности возникновения пожаров. Основными очагами возникновения пожаров являлись наземные резервуары — 93,4 % случаев, из

них 53,9 % — резервуары для хранения бензина; 32,1 % — резервуары для хранения сырой нефти; 14,0 % — резервуары с дизельным топливом, керосином, мазутом и др.

Основными причинами пожаров были воспламенение смеси паров нефтепродукта с воздухом от источников зажигания различной природы — 76,25 % от общего числа; ремонтные работы (очистные, сварочные работы, резка металла и др.) — 14 %; самовоспламенение паровоздушной смеси — 2,5 %; самовозгорание пирофорных отложений — 3,75 %.

В роли источников зажигания наиболее часто (45,3 % случаев) являлись источники зажигания, связанные с проведением ремонтных работ, — фрикционные искры, узлы и детали оборудования, нагретые до высоких температур, раскаленные частицы металла (искры) при проведении сварочных работ, открытое пламя [5]. Поэтому следует уделять особое внимание обеспечению безопасности проведения ремонтных работ.

Представляют интерес данные отчета Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2014—2016 гг. по статистике аварийных ситуаций на объектах хранения, переработки нефти (табл. 1).

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что аварии на объектах, связанных с обращением нефтепродуктов, происходят регулярно, представляют значительную опасность для людей, окружающей среды и приводят к значительному материальному ущербу, несмотря на прилагаемые усилия в области охраны труда. Основная причина аварийных ситуаций — "человеческий" фактор, нарушение правил охраны труда, недостаточный уровень подготовки работников в области охраны труда, низкий уровень культуры производственных отношений и неумение принять оптимальное решение в условиях дефицита времени и психофизиологических перегрузок; технические неполадки, в результате которых происходит отклонение технологических параметров от регламентных значений, вплоть до разрушения оборудования; неосторожное обращение с огнем при производстве ремонтных работ. Аварийность объектов нефтепродуктообеспечения (нефтебаз) в Российской Федерации составляет 21 %.

Именно этими фактами обусловлена актуальность разработки концепции противопожарной и экологической защиты объектов хранения нефти на основе современных отечественных достижений в области пожарной и экологической безопасности на примере нефтебаз, расположенных в городах средней крупности (с числом жителей до 500 тыс. человек).



Таблица 1

Статистика аварийных ситуаций на объектах хранения, переработки нефти [6–8]

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Число аварий на объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и нефтепродуктообеспечения	19	19	18
из них, на объектах нефтепродуктообеспечения	4	5	3
Виды аварии (всего)	19	19	18
пожары	8	11	3
взрывы	5	6	8
выброс опасных веществ	6	2	7
Общий ущерб, млн руб.	2018	133,2	14 827
На объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и нефтепродуктообеспечения			
число травмированных	н/с*	13	23
число погибших	11	7	12
в том числе на объектах нефтепродуктообеспечения	2	2	2
Причина смертельного травмирующего фактора — термическое воздействие, % случаев	100	100	92
Причины аварий, %			
внутренние опасные факторы, связанные с разгерметизацией и разрушением технических устройств	63	63	55,6
ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства опасных видов работ, организации работ по обслуживанию оборудования	32	37	44,4
внешние опасные факторы, связанные с неконтролируемым механическим воздействием железнодорожных цистерн на технологическое оборудование	5	—	—
* н/с — нет сведений			

Краткая характеристика объекта исследования

Нефтебазы, расположенные в городах средней крупности, введены в эксплуатацию в 1950-х годах; в Курской области, г. Курске — в 1956 году. Степень морального и физического износа основного оборудования — резервуаров вертикальных стальных на примере нефтебаз Курской области составляет значение не менее 40 %.

В результате эксплуатации устаревшего резервуарного парка и, как следствие, утечек нефтепродуктов из-за образовавшихся свищей в стенках

резервуаров, наблюдается ухудшение экологической обстановки вблизи нефтебаз. Так, в Курске в 1992 г. в результате деятельности Курской нефтебазы на глубине 7 м и площади 18 га сформировалась линза нефтепродуктов (смесь бензина и дизельного топлива) толщиной до 2 м [9]. В результате откачек в 2007 г. удалось уменьшить толщину слоя нефтепродуктов до 0,3 м и уменьшить площадь загрязнения до 12,5 га, однако полностью исключить загрязнение почв и подземных вод не удалось. В табл. 2 приведены сведения по состоянию на 01.01.2017 г. о содержании нефтепродуктов

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в подземных водах на территориях нефтебаз ООО "Курскоблнефтепродукт" [10]

Предприятие	Водоносный горизонт	Превышение ПДК, раз
Курский цех (г. Курск)	Средневерхнечетвертичный (скважины-колодцы)	173...4400
	Средневерхнечетвертичный (наблюдательные скважины)	2,1...53,7
	Альбсеноманский (эксплуатационные скважины)	1,4
Горшеченский цех (п. Горшечное Курской области)	Средневерхнечетвертичный (наблюдательные скважины)	80...140
Льговский цех (г. Льгов Курской области)	Средневерхнечетвертичный (наблюдательные скважины)	2,6...9110
Обоянский цех (г. Обоянь Курской области)	Средневерхнечетвертичный (наблюдательные скважины)	23,6...36,9
Кривецкий цех (с. Котовец, Мантуровский район Курской области)	Средневерхнечетвертичный (наблюдательные скважины)	37,0...161,0



в скважинах, расположенных на нефтебазах Курской области. Данные таблицы свидетельствуют о неблагоприятной экологической обстановке в районах расположения объектов хранения нефти.

Нефтебазы городов средней крупности, как правило, размещены на окраинах населенных пунктов, что осложняет условия реагирования на возникшую ЧС. Удаленность пожарно-спасательных частей от взрывопожароопасных объектов составляет 3...6 км. Согласно расчетам и анализу планов тушения пожаров нефтебаз, пожар на нефтебазе по количеству привлекаемых сил и средств соответствует рангу пожара категории 3. Время свободного развития пожара до момента прибытия и организации тушения пожара ($T_{св.п.}$), например, для Курской нефтебазы составляет 17 мин:

$$T_{св.п.} = T_{сп} + T_{сб1} + T_{сл} + T_{бр} = 5 + 1 + 5 + 6 = 17 \text{ мин,}$$

где $T_{сп}$ — время до сообщения о пожаре (5 мин); $T_{сб1}$ — время сбора и выезда по тревоге (1 мин); $T_{сл}$ — время следования к месту пожара (5 мин для удаленности от объекта 6 км при скорости движения автоцистерны (АЦ) 40...60 км/ч); $T_{бр}$ — время боевого развертывания с установкой АЦ на ближайший водоисточник (5...6 мин).

К этому времени согласно нормативным документам из-за образования взрывоопасных концентраций паровоздушной смеси происходит подрыв или срыв крыши резервуара, что представляет чрезвычайную опасность для пожарных, прибывших к месту пожара. Затем — наблюдается открытое горение, а через 20...30 мин — обрушение конструкций и увеличение площади пожара. Через 60 мин горения, а также в начальный период пенной атаки может произойти вскипание и выброс нефтепродукта [11]. После 10...15 мин воздействия пламени по разлитому нефтепродукту в обваловании происходит разгерметизация фланцевых соединений, нарушение целостности конструкции резервуара, возможен взрыв в резервуаре. При отсутствии охлаждения горящего резервуара в течение 5...15 мин стенка резервуара деформируется, вследствие чего возможен перелив вспенившейся массы через борт резервуара, деформация стенок горящего резервуара, переход огня на соседние резервуары и сооружения. Поэтому возможны большие потери среди персонала нефтебазы и сотрудников пожарной охраны от опасных факторов пожара.

Результаты исследований

На основе данных анализа состояния противопожарной и экологической защиты объектов хранения нефти на территории Курской области

(оснащенность техническими устройствами защиты, надежность работы систем, водообеспеченность, расчетные характеристики сил и средств согласно планам тушения пожаров) и анализа современных отечественных достижений в области предотвращения и тушения пожаров [12—21], разработана концепция противопожарной и экологической защиты нефтебаз, основными задачами которой является сохранение жизней людей в результате выигрыша времени для борьбы с пожаром до момента прибытия основных сил пожарной охраны и исключение загрязнения окружающей среды во время эксплуатации объекта.

Это возможно благодаря внедрению превентивных мероприятий по мониторингу опасных ситуаций с помощью технических систем контроля и быстрого действия в первый момент обнаружения пожара. Мониторинг ситуации предлагается осуществлять с помощью резервуарных пожарных извещателей, интегрированных с пожарными роботами на пожарных вышках, а превентивные мероприятия по быстродействию — с помощью пожарных роботов, устройств для самотушения горящих при проливах жидкостей, современных огнетушащих веществ и др.

В концепции предлагается техническое переоснащение Курской и аналогичных нефтебаз на основе последних достижений в области пожарной охраны, отечественной инженерной "мысли".

1. Провести реновацию резервуарного парка нефтебазы, стремясь заменить резервуары со сроком эксплуатации, превышающим нормативный. При этом необходимо предусматривать мероприятия по защите подземных вод и почвы от загрязнения, обустривая водонепроницаемые покрытия на территории нефтебазы, емкости на изолирующей "подушке". В качестве альтернативы стальным резервуарам следует рассматривать долговечные резервуары из стеклопластика с надежной защитой от статического электричества. Такие резервуары обладают высокой физико-механической прочностью, по сравнению со стальными, к воздействию агрессивных сред, коррозионной стойкостью, экологической надежностью, большим сроком эксплуатации (50 лет).

В качестве другой альтернативы дорогостоящей и непростой в техническом исполнении замены резервуаров можно предложить реновацию существующих резервуаров предельного срока эксплуатации, обустривая эластичные вакуумные вкладыши (вторую стену или второе дно) для устранения утечек нефти по технологии ООО НПФ "Политехника", Москва (аналог принципа реновации коллекторов от фирмы RENAУ) [12]. Герметичность резервуара и надежная защита подземных вод и грунта от

загрязнения нефтепродуктами обеспечивается с помощью откачивания воздуха вакуумным насосом между "второй стеной" — эластичным слоем резервуара из высокопрочного синтетического волокна и стальной стенкой резервуара. Данное решение хорошо согласуется с возможным принятием в ближайшем будущем в РФ, но сегодня уже применяемым в странах ЕС требованием о запрете эксплуатации одностенных резервуаров и оснащении всех емкостей второй стеной или вторым дном для достижения экологической безопасности.

2. Для мониторинга опасных ситуаций предлагается все резервуары оснастить резервуарными пожарными тепловыми извещателями во взрывозащищенном исполнении, например, ИП 101"Гранат" (ООО "Спецприбор", Казань). Основное назначение резервуарных извещателей — контроль над превышением пороговой температуры (70 °С) в резервуарах с нефтепродуктами. Извещатель осуществляет электрическую и световую сигнализацию о превышении пороговой температуры срабатывания в месте его установки.

3. Установить пожарные вышки (ООО «Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР"», г. Петрозаводск), например, для Курской нефтебазы высотой 10 м (высота резервуаров 12 м и менее) для размещения на них пожарных роботов. Это позволит увеличить радиус действия пожарного ствола, подать воду на большую высоту, улучшить обзор, контроль над ситуацией, планировать тактические действия. Пожарные вышки должны быть установлены таким образом, чтобы с размещенных на них пожарных роботов зона досягаемости была 100 %-ной и для резервуаров, и для зон слива-налива с железнодорожных цистерн, и для заправочных островков.

4. Установка на пожарных вышках пожарных роботов (ПР) на базе лафетного ствола с дистанционным управлением (ЛСД), стационарных, сварных из коррозионно-стойкой стали с удлиненным валом (С20У), оснащенных автоматическим извещателем наведения (ИК), телекамерой наблюдения (ТВ) во взрывозащищенном исполнении (Ех) с расходом 20 л/с — ПР-ЛСД-С20У-ИК-ТВ-Ех от ООО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР", г. Петрозаводск [13—16].

Пожарные роботы представляют собой технические устройства на базе лафетных стволов, оснащенные интеллектуальной системой принятия решения. При превышении температуры в резервуаре извещатель подает тревожный сигнал, устройство видеонаблюдения контролирует появление открытого пламени и сигнализирует в диспетчерский пункт, производится обработка сигналов, задаются координаты, определяются

размеры защищаемой зоны, выбирается программа пожаротушения, угла распыла огнетушащего вещества, и запускается система автоматического пожаротушения с помощью пожарных роботов. Лафетные стволы с помощью приводов вертикального и горизонтального наведения наводятся на очаг горения, производится запуск насосной станции, открытие дисковых затворов, отключение электрооборудования, подача огнетушащих веществ (ОТВ), тушение очага загорания. Если очаг загорания не потушен, то устройство вновь идентифицирует загорание и производит действия по ликвидации очага загорания.

Осуществив расчет баллистики компактных струй ПР-ЛСД-С20 с помощью компьютерной программы "Баллистика" [17] для расхода ОТВ 20 л/с, давления 600 МПа и углах распыления 10° и 30° для разных условий, получим следующие результаты расчетов дальности подачи ОТВ:

— при установке ПР на уровне земли (отметка — 0 м, высота — 0 м), угле распыления факела 30° — 45...50 м;

— для отметки 10 м (установка ПР на пожарной вышке), угле распыления 30° — 48...53 м;

— для отметки 10 м, угле распыления факела 10° — 46...51 м.

На основе анализа данных опубликованных источников предлагается попарная установка пожарных роботов (за исключением сливо-наливной эстакады) для повышения надежности, обеспечения 100 %-ного резервирования, когда каждая точка защищаемой зоны орошается не менее чем двумя струями и контролируется не менее, чем двумя устройствами обнаружения загорания.

Установка пожарных роботов позволит не только бороться с огнем в начальный момент его появления, но и обеспечит очень важные для начального развития пожара условия охлаждения резервуаров.

5. Предлагается оборудовать горизонтальные поверхности возле насосной станции, места слива топлива из железнодорожных цистерн, заправочного островка для отпуска нефтепродуктов в автоцистерны устройствами для самотушения горящих при проливах жидкостей (УСП) — пассивного (без участия человека), высокоэффективного средства тушения проливов горящих горючих жидкостей — результата совместной разработки ВНИИПО МЧС РФ (г. Балашиха, Московская область) и СКБ "Тензор" (г. Дубна, Московская обл.) [18, 19]. Принцип тушения пожара заключается в подавлении распространения огня с пролитой жидкостью при ее прохождении внутри узких вертикальных каналов. УСП устанавливаются, например, рядом с резервуаром, цистерной в виде горизонтальных пламегасящих



полов. Потушенная жидкость собирается в аварийный резервуар.

6. На основании расчетов количества ОТВ, необходимых для тушения пожара, в случае распространения пожара за пределы одного резервуара и существующих на нефтебазах запасов пенообразователя (5 м^3) необходимо, как минимум, вдвое увеличить его количество. Предлагается использовать пенообразователь "Шторм-М" производства НПК "Гефест" (г. Москва) [20], обладающий высокой огнетушащей способностью (для пены низкой кратности при интенсивности подачи рабочего раствора $0,056 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ — не более 90 с, пены средней кратности при интенсивности подачи рабочего раствора $0,032 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ — не более 80 с); устойчивостью пены к воздействию теплового излучения пламени (пены высокой кратности — более 800 с; средней кратности — 182 с; низкой кратности — 197 с); возможностью подачи пены средней кратности с помощью стандартной техники отечественного производства на большие расстояния. Наличие достаточного запаса пенообразователя на объекте будет способствовать локализации пожара на самой начальной стадии, не допуская его развития на соседние резервуары, что является основной задачей успешного тушения пожара — купирование процесса на начальной стадии.

7. Обустройство дополнительного пожарного резервуара, например, объемом 120 м^3 на основе эластичных материалов "Политехника" позволит успешно применять воду для охлаждения соседних резервуаров, что также будет способствовать быстрой ликвидации пожара и адекватному реагированию в первые минуты пожара. Кроме того, предлагается использовать эластичный резервуар для аварийного слива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Выводы

На основе приведенных ниже данных об экономическом ущербе от возможного пожара на нефтебазе и стоимости капиталовложений можно сделать вывод об экономической целесообразности предлагаемой комплексной противопожарной и экологической защиты нефтебазы. Эти данные хорошо согласуются с данными ведущих отечественных фирм-разработчиков оборудования в области пожарной безопасности — предупреждение пожаров не сравнимо по затратам с затратами на ликвидацию последствий пожаров, особенно крупных:

— ущерб от пожара в резервуаре объемом 5000 м^3 с бензином АИ-92 составляет 370 млн руб. при стоимости защиты по технологии объемного газопорошкового пожаротушения 10 млн руб. (ООО "КАЛАНЧА", Московская обл., г. Сергиев Посад);

— тушение пяти резервуаров с дизельным топливом объемом 1500 м^3 заняло 4 ч. Защита этих резервуаров газопорошковым пожаротушением позволит ликвидировать пожар за 4 с;

— ущерб от пожара на железнодорожной наливной эстакаде на 64 вагона по экспертным оценкам составляет 520 млн руб. при стоимости защиты 30 млн руб. [21].

"Отнимаю ветер у парусов огня" — рекламный слоган компании WAGNER, вдохновивший на создание концепции, кратко и четко формулирует перспективы применения рассмотренных выше и предлагаемых к применению способов противопожарной и экологической защиты объектов хранения нефти. Безопасность прежде всего!

Список литературы

1. Будыкина Т. А., Будыкина К. Ю. Прогрессивные технологии и средства тушения пожаров на нефтебазах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2017. — Т. 25. — № 1. — С. 132–144.
2. **Официальный сайт** Вести RU. URL: <https://www.vesti.ru> (дата обращения 04.12.2017).
3. **Официальный сайт** Российской газеты. URL: <http://www.rg.ru> (дата обращения 04.12.2017).
4. **Официальный сайт** РИА — Новости. URL: <https://ria.ru> (дата обращения 04.12.2017).
5. Петрова Н. В., Чешко И. Д., Галишев М. А. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2016. — № 3. — С. 40–46.
6. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2014 году. — Москва, 2015. — 442 с.
7. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2015 году. — Москва, 2016. — 361 с.
8. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. — Москва, 2017. — 397 с.
9. **Отчет** по ведению мониторинга подземных вод в районе Курской нефтебазы за 2009 г. Курск: ТЦ "Курскгеомониторинг", 2010. — 25 с.
10. **Постановление** Губернатора Курской области от 30.12.2005 № 913 "Об утверждении реестра загрязненных нефтью и нефтепродуктами территорий и водных объектов Курской области (с изменениями на 10.01.2017).
11. **Руководство** по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. Москва: ВНИИПО, 2000.
12. **Официальный сайт** Политехника. URL: <http://poli.ru> (дата обращения 08.10.2017).
13. Gorban M. Yu. The Robotized fire complex of explosion-proof modification RFC-Ex // The Algorithm of Safety. — 2012. — № 1.
14. **Пат. 2319530** Российская Федерация, МПК С2 А62С 37/00. Роботизированная установка пожаротушения / Горбань Ю. И.; заявитель и патентообладатель Ю. И. Горбань, ЗАО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР". — № 2005136627/12; заявл. 24.11.2005; опубл.: 20.03.2008, Бюл. № 8.
15. **Пат. 2391125** Российская Федерация, МПК С1 А62С 31/00, А62С 37/00. Роботизированный пожарный комплекс с применением пожарных роботов высокого давления / Горбань Ю. И.; заявитель и патентообладатель Ю. И. Горбань, ЗАО "Инженерный центр пожарной

- робототехники "ЭФЭР". — № 2008151327/12; заявл. 23.12.2008; опубл.: 10.06.2010, Бюл. № 16.
16. **Пат. 2426603** Российская Федерация, МПК С1 В05В 17/00 А62С 37/00. Роботизированный пожарный комплекс с азотно-водяным пожаротушением. / Горбань Ю. И.; заявитель и патентообладатель Ю. И. Горбань, ЗАО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР". — № 2010103090/05; заявл. 29.01.2010; опубл.: 20.08.2011, Бюл. № 23.
 17. **Компьютерная программа** "Баллистика". М.: ООО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР". — 2016.
 18. **Устройство** для самотушения горящих при проливах жидкостей. Методические рекомендации по проектированию и применению. Дубна: Специальное конструкторское бюро "Тензор", 2010.
 19. **Пат. 2252804** Российская Федерация, МПК А 62 С 3/06. Устройство для самотушения горящих жидкостей / Потякин В. И., Глухов И. С., Болодьян И. А., Калинин В. И., Барсуков И. Б., Пушкин В. А.; заявитель и патентообладатель: ФГУ ВНИИПО МЧС России. — № 2003100740/12; заявл. 08.01.2003; опубл. 27.05.2005, Бюл. № 15.
 20. **Корольченко Д. А.** Шторм против пожара // Пожарная безопасность в строительстве, 2010. № 6. — С. 34—38.
 21. **Официальный сайт** Каланча. URL: <http://www.kalancharu> (дата обращения 04.12.2017).

T. A. Budykina, Professor of Chair, e-mail: tbudykina@yandex.ru,
Academy of Civil Defence EMERCOM of Russia, Khimki, Moscow Region

The Concept of Fire-Fighting and Environmental Protection of Oil-Bay

The article presents the concept of fire protection and environmental protection of oil storage facilities. The causes, foci of origin, the complexity of extinguishing fires at oil depots are analyzed, the statistics of accidents at oil storage facilities, data on the stressful ecological situation in the territories of oil depots are given. A range of measures is proposed to provide fire and ecological protection for oil reservoirs, renovation of reservoir parks, arrangement of a fire hazard control system inside tanks, installation of fire robots on fire towers, self-extinguishing systems of flammable liquids burning during spills, application of high-efficiency "Storm" foam, elastic fire tanks and discharge of flammable liquids.

Keywords: oil depots, fire extinguishing, groundwater pollution, renovation of tank farms, fire robots, fire towers, foam generators, a device for self-quenching of flammable liquids in straits, elastic fire tanks

References

1. **Budykina T. A., Budykina K. Yu.** Progressivnye tekhnologii i sredstva tusheniya pozharov na neftebazah. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2017. Vol. 25. No. 1. P. 132—144.
2. **Официальный сайт.** Vesti RU. URL: <https://www.vesti.ru> (date of access 04.12.2017).
3. **Официальный сайт.** Rossijskoj gazety [сайт] URL: <http://www.rg.ru> (date of access 04.12.2017).
4. **Официальный сайт.** RIA. Novosti. URL: <https://ria.ru> (date of access 04.12.2017).
5. **Petrova N. V., Cheshko I. D., Galishev M. A.** Analiz praktiki ehkspertnogo issledo-vaniya pozharov na ob'ektah hraneniya nefi i nefteproduktov. *Nauchno-analiticheskij zhurnal Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii*. 2016. No. 3. P. 40—46.
6. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, техно-логическому и атомному надзору в 2014 году. Moscow, 2015. 442 p.
7. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, техно-логическому и атомному надзору в 2015 году. Moscow, 2016. 361 p.
8. **Годовой отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, техно-логическому и атомному надзору в 2016 году. Moscow, 2017. 397 p.
9. **Отчет** по ведению мониторинга подземных вод в районе Курской нефтебазы за 2009 г. Kursk: TC "Kurskgeomonitring", 2010. 25 p.
10. **Постановление** Губернатора Курской области от 30.12.2005 № 913 "Об утверждении реестра загрязненных нефтью и нефтепродуктами территорий и водных объектов Курской области (с изменениями на 10.01.2017).
11. **Руководство** по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. Moscow: VNIIPo, 2000.
12. **Официальный сайт.** Politehnika. URL: <http://poli.ru> (date of access 08.10.2017).
13. **Gorban M. Yu.** The Robotized fire complex of explosion-proof modification RFC-Ex. *The Algorithm of Safety*. 2012. No. 1.
14. **Пат. 2319530** Rossijskaya Federaciya, МПК С2 А62С 37/00. Robotizirovannaya ustanovka pozharotusheniya / Gorban' Yu. I.; заявитель и патентообладатель Yu. I. Gorban', ЗАО "Inzhenernyj centr pozharnoj robototekhniki "EHFEHR". No. 2005136627/12; заявл. 24.11.2005; опубл.: 20.03.2008, Бюл. No. 8.
15. **Пат. 2391125** Rossijskaya Federaciya, МПК С1 А62С 31/00, А62С 37/00. Roboti-zirovannyj pozharnyj kompleks s primeneniem pozharnyh robotov vysokogo davleniya / Gorban' YU. I.; заявитель и патентообладатель Yu. I. Gorban', ЗАО "Inzhenernyj centr pozharnoj robototekhniki "EHFEHR". — No. 2008151327/12; заявл. 23.12.2008; опубл.: 10.06.2010, Бюл. No. 16.
16. **Пат. 2426603** Rossijskaya Federaciya, МПК С1 В05В 17/00 А62С 37/00. Robotizirovannyj pozharnyj kompleks s azotno-vodyanym pozharotusheniem. / Yu. I. Gorban'; заявитель и патентообладатель Gorban' YU. I. Gorban', ЗАО "Inzhenernyj centr pozharnoj robototekhniki "EHFEHR". — No. 2010103090/05; заявл. 29.01.2010; опубл.: 20.08.2011, Бюл. No. 23.
17. **Компьютерная программа** "Ballistika". Moscow: ООО "Inzhenernyj centr pozharnoj robototekhniki "EHFEHR". 2016 g.
18. **Устройство** для самотушения горящих жидкостей при проливах жидкостей. Методические рекомендации по проектированию и применению. Дубна, Специальное конструкторское бюро "Тензор", 2010.
19. **Пат. 2252804** Rossijskaya Federaciya, МПК А 62 С 3/06. Устройство для самотушения горящих жидкостей [Текст] / Potyakin V. I., Gluhov I. S., Bolod'yan I. A., Kalinkin V. I., Barsukov I. B., Pushkin V. A.; заявитель и патентообладатель: ФГУ ВНИИПО МЧС России. — No. 2003100740/12; заявл. 08.01.2003; опубл. 27.05.2005, Бюл. No. 15.
20. **Korol'chenko D. A.** Shtorm protiv pozhara. *Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve*. 2010. No. 6. P. 34—38.
21. **Официальный сайт** Каланча. URL: <http://www.kalancharu> (date of access 04.12.2017).



УДК 579.873.6.017.7

Д. А. Филатов, канд. биол. наук, науч. сотр., e-mail: filatov@ipc.tsc.ru,
М. А. Копытов, канд. хим. наук, науч. сотр.,
В. С. Овсянникова, канд. хим. наук, науч. сотр.,
Е. А. Ельчанинова, канд. хим. наук, доц., науч. сотр., Институт химии нефти
Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН), Томск

Окисление высоковязкого битума аборигенной почвенной микрофлорой

Представлены результаты биохимического окисления высоковязкого битума месторождения Баян-Эрхэт (Монголия) с высоким содержанием гетероэлементов в модельной почвенной системе. Показано, что сразу после загрязнения численность микроорганизмов начинает активно увеличиваться без периода адаптации, и на 45–150-е сутки эксперимента увеличивается в 20–40 раз; ферментативная активность загрязненной почвы возрастает в 1,5–2,0 раза, что свидетельствует о повышении оксигеназной активности микроорганизмов и, как следствие, ассимиляции различных углеводородных соединений. Определено, что в процессе биодеструкции компонентов битума происходит образование и накопление продуктов неполного окисления углеводородов. Установлено, что за 180 суток эксперимента утилизация исследуемого нефтепродукта составила 50 % от исходного загрязнения. Показано, что аборигенная почвенная микрофлора способна к минерализации практически всех углеводородов, входящих в состав исследуемого битума, их деструкция составила 18...97 %. Установлено, что микробиологическому разложению подвергаются и высокомолекулярные гетероатомные компоненты битума (смолы и асфальтены), структура этих молекул в процессе деструкции претерпевает глубокие изменения.

Ключевые слова: нефтяные загрязнения, высоковязкий битум, биодegradация, аборигенная почвенная микрофлора, углеводородокисляющие микроорганизмы, ферментативная активность, насыщенные, циклические и ароматические углеводороды, смолы, асфальтены

Введение

Актуальность рассматриваемой проблемы связана с загрязнением окружающей среды различными видами нефтепродуктов (НП), имеющими техногенное происхождение [1]. Техногенные потоки углеводородов (УВ) образуются в ходе добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья. Они играют существенную роль в антропогенном изменении естественного круговорота веществ [2]. Самой уязвимой с точки зрения экологической безопасности является почва за счет ее огромной адсорбирующей поверхности. Она способна аккумулировать загрязнения в больших количествах, что приводит к изменению ее физико-химических свойств, и, как следствие, потере сельскохозяйственного значения [2]. Присутствие нефти и НП в почве представляет собой существенную экологическую опасность, так как является причиной нарушения биогеоценоза, вплоть до гибели живых организмов почвы при высоких концентрациях УВ [3].

Негативное воздействие жидких НП в большей степени связывается с нарушением водно-воздушного режима почвы. Трансформацию

НП можно условно разложить на абиотическую фазу (от свежего до зрелого загрязнения) и биотическую деградацию на поверхности земли и в почвах [4]. При разложении органических загрязнений, попадающих в окружающую среду, ведущая роль принадлежит микроорганизмам [5]. Углеводородокисляющие природные биоценозы развиты повсеместно во всех типах почв и природных вод разных ландшафтно-климатических зон [6]. Однако интенсивность процесса биодegradации УВ зависит от состава и концентрации НП, температуры, продолжительности солнечного периода, других лимитирующих факторов, а также особенностей биоценоза [7].

Как свободные, так и малоподвижные связанные формы НП отдают летучие фракции в атмосферу, а растворимые соединения — в воду. Этот процесс полностью не прекращается со временем, так как микробиологические процессы трансформации УВ приводят к образованию летучих и водорастворимых продуктов их метаболизма.

В последние годы в мире четко определилась тенденция снижения запасов легких нефтей [3]. В общем объеме добываемого и перерабатываемого углеводородного сырья неуклонно растёт

доля тяжелых высоковязких нефтей и битумов. Запасы таких нефтей в мире значительно превышают запасы легких и маловязких нефтей и, по оценкам специалистов, составляют не менее 1 трлн т. Отличительной особенностью высоковязких нефтей является высокое содержание полициклоароматических УВ, гетероорганических соединений и смолисто-асфальтовых веществ.

Одним из таких НП являются высоковязкие битумы, представляющие из себя вязкую жидкость черного цвета. В состав битума входят нафтеновые, ароматические, парафиновые УВ, а кроме того, высокомолекулярные гетероатомные соединения (смолы и асфальтены) (рис. 1).

Считается, что смолисто-асфальтовые вещества малодоступны микроорганизмам, процесс их метаболизма идет медленно, иногда десятки лет. При просачивании нефтепродукта сверху его смолисто-асфальтовые компоненты сорбируются главным образом в верхнем, гумусовом горизонте, иногда прочно цементируя его, что уменьшает поровое пространство почв. Смолисто-асфальтовые вещества гидрофобны, обволакивают корни растений, что резко ухудшает поступление к ним влаги, в результате чего растения засыхают. Однако благодаря сложной системе биоценоза (прежде всего содержанию гидролизующих и окислительных ферментов, включая полифенолоксидазы и пероксидазы), почвы сами способны утилизировать часть попадающих нефтяных компонентов посредством биохимической деградации и окислительной деструкции, вплоть до превращения какой-то их части в органические вещества, усваиваемые растениями [8, 9].

Целью исследования является определение способности почвы к самовосстановлению при загрязнении ее высоковязким битумом

месторождения Баян-Эрхэт (Монголия) в условиях лабораторного эксперимента.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования был взят высоковязкий битум. Краткая характеристика исследуемого битума представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики битума месторождения Баян-Эрхэт

Показатели	Значение
Отношение водорода к углероду	1,82
Средняя молекулярная масса, а.е.м.	578
Вещественный состав, мас. %	
Масла	45,2
Смолы	52,5
Асфальтены	2,3
Элементный состав, мас. %	
Углерод	85,26
Водород	13,13
Сера	0,45
Азот	0,98
Кислород	0,18

Загрязнение почвы проводили искусственно. Для приготовления модельных почвенных систем использовали универсальный почвогрунт "Гарант" (производство ПК Темп-2, Томская область, Россия). Почву взвешивали и вносили в нее высоковязкий битум в количестве 50 г/кг, все тщательно перемешивали, помещали в стеклянные эксикаторы (толщина слоя почвы 12,5 см) и инкубировали при постоянной температуре (+22 °С) и влажности (25 %). Для улучшения воздушного

режима и равномерного распределения загрязнения проводили периодическое рыхление почвы. Схема эксперимента по деструкции высоковязкого битума в почве приведена на рис. 2.

В процессе опыта 1 через определенные промежутки времени отбирали усредненные пробы, в которых учитывали гетеротрофную микрофлору посевом на мясопептонном агаре. Газометрическим методом определяли каталазную активность, фотокolorиметрическими методами — дегидрогеназную, полифенолоксидазную и пероксидазную активность почвы [10, 11]. Продолжительность эксперимента — 180 суток.

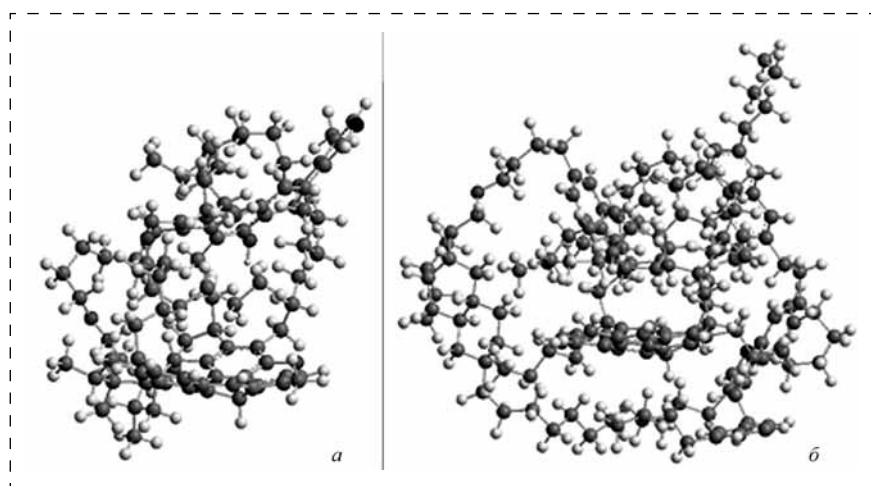


Рис. 1. Средние гипотетические структуры молекул смол (а) и асфальтенов (б)

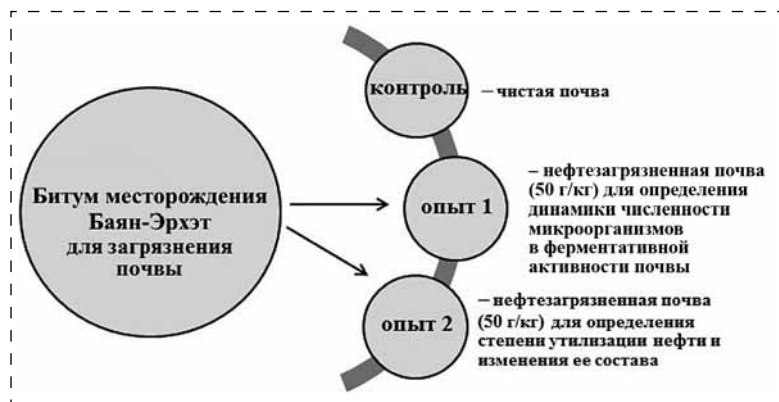


Рис. 2. Схема эксперимента по деструкции высоковязкого битума в почве

Повторность измерений в экспериментах трехкратная.

Для оценки эффективности биодеструкции определяли содержание остаточных НП в почве гравиметрическим методом. Для этого нефть из загрязненной битумом почвы в процессе опыта 2 экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета. Извлеченный НП (битум) освобождали от хлороформа на роторном испарителе и взвешивали [12]. Изменение структурного состава битума определяли методом ИК-спектроскопии на спектрометре Фурье NIKOLET 5700 (FT-IR), Thermo Electron.

Компонентный состав органических соединений исследовали методом хроматомасс-спектрометрии с использованием магнитного хроматомасс-спектрометра DFS фирмы "Thermo Scientific" (Германия).

Определение физико-химических характеристик исходного битума выполнено в аккредитованной лаборатории углеводов и высокомолекулярных соединений нефти Института химии нефти (ИХН) СО РАН.

Содержание смол и асфальтенов в исходном и биодegradированном образцах битума анализировали по стандартной методике [13]. Асфальтены выделяли разбавлением образца *n*-гексаном в объемном соотношении 1:40. После разбавления образца полученный раствор выдерживали в течение суток в темноте, выпавший осадок отфильтровывали. Полученный на фильтре осадок помещали в бумажный патрон и в аппарате Сокслета промывали *n*-гексаном для удаления масел и смол (мальтенов), затем оставшиеся асфальтены из бумажного патрона вымывали хлороформом, отгоняли растворитель и сушили асфальтены до постоянной массы.

Раствор мальтенов после осаждения и промывки асфальтенов объединяли, отгоняли растворитель и наносили на слой активированного силикагеля при соотношении раствора к сорбенту 1:15,

загружали полученную смесь силикагеля с адсорбированным материалом в аппарат Сокслета и последовательно вымывали масла *n*-гексаном, а затем смолы — смесью этанола и бензола (1:1) при температурах кипения данных растворителей. После удаления растворителей устанавливали содержание масел и смол в образце.

Структурно-групповой анализ (СГА) смол, асфальтенов и масел, выделенных из исходного и биодegradированного битума, проводили по методике, разработанной в ИХН СО РАН. Данная методика основана на совместном использовании результатов определения элементного состава,

средних молекулярных масс и данных протонно-магнитной резонансной спектроскопии [13, 14].

Анализ содержания углерода, водорода, азота и кислорода проводили на элементном анализаторе Vario EL Cube (Германия). Количество серы определяли методом сжигания с последующим поглощением образовавшихся оксидов серы раствором углекислого натрия и титрованием соляной кислотой [15]. Молекулярные массы веществ измеряли методом криоскопии в нафталине на разработанном в ИХН СО РАН приборе "Крион" с электротермическим измерением температурной депрессии. Ошибка в определяемых величинах молекулярных масс не превышает 2 % для веществ с молекулярной массой 500...1000 а.е.м. и не более 5 % для соединений с молекулярной массой 1000...1500 а.е.м. при концентрации исследуемых веществ не более 0,5 мас. % Данный метод является достаточно точным и доступным. Другие методы (вискозиметрия, осмометрия, ультрацентрифугирование, метод молекулярной пленки, эбуллиоскопия, светорассеяние и др.) дают завышенные значения молекулярных масс из-за протекающих процессов ассоциации смол и асфальтенов [16—18].

Спектры протонного магнитного резонанса снимали на ЯМР-Фурье-спектрометре AVANCE-AV-300 при 1 мас. % концентрации исследуемых веществ, используя в качестве растворителя дейтерохлороформ, в качестве внутреннего стандарта — гексаметилдисилоксан.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Активность микробиологических процессов и совокупность абиотических факторов (свет, влажность, температура, механический и минеральный состав почв и т. д.) во многом определяют особенности протекания химических и биологических преобразований нефтяных УВ [1].

На рис. 3 показана динамика численности гетеротрофных микроорганизмов в чистой и

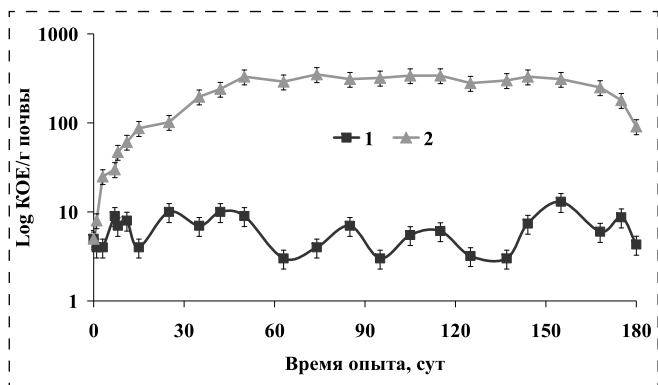


Рис. 3. Динамика численности гетеротрофных микроорганизмов в контрольной почве (1) и в почве, загрязненной высоковязким битумом (2)

загрязненной почве. В контроле изменение численности гетеротрофной группы микроорганизмов имело вид синусоидальной кривой с периодичностью 15...25 суток. В точках максимума численность не превышала $7...10 \times 10^6$ КОЕ/г почвы, в точках минимума составляла $3...4 \times 10^6$ КОЕ/г (рис. 3, кривая 1).

В опыте динамика численности микрофлоры имела вид S-образной кривой без периода адаптации. Экспоненциальный рост числа микроорганизмов продолжался до 50 суток, затем численность вышла на плато, которое продолжалось до 165 суток. Максимум зафиксирован на 70-е сутки и составил 350×10^6 КОЕ/г почвы. Несмотря на повышенную по сравнению с контролем численность, в загрязненной почве снизилось биоразнообразие микрофлоры, доминирующими стали рода *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Flavobacterium* и *Micrococcus*.

Известно, что минерализация нефтяных УВ в почве происходит при участии различных ферментов. Ферментативная активность почв обусловлена не только количественным содержанием

микроорганизмов, но и их разнообразием и физиологической активностью, поэтому количественные изменения, происходящие в микробном ценозе загрязненных почв, не полностью отражают изменения в ее активности [2]. Важнейшими и широко распространенными ферментами у почвенных микроорганизмов являются дегидрогеназа, каталаза, полифенолоксидаза и пероксидаза.

Как показано на рис. 4, с первых суток эксперимента происходит увеличение активности всех исследованных ферментов. На рис. 4, а представлена динамика образования кислорода, которая отражает активность каталазы в период наблюдения. На протяжении всего опыта ее активность остается выше относительно контрольной почвы. Максимальная концентрация O_2 достигала 4,5 мл/г в загрязненной почве, в контрольном образце (чистая почва) концентрация кислорода на протяжении всего эксперимента не превышала 3,1 мл/г. На рис. 4, б представлена динамика образования тетрафенил формоза (ТФФ), отражающая активность почвенных дегидрогеназ. Активность этого фермента росла до 150 суток эксперимента, что косвенно свидетельствует о биодеструкции n-алканов и алифатических цепочек в составе сложных молекул. Количество полученного ТФФ в почве с битумом возрастало до 0,53 мг/г, в контрольном варианте — не превышало 0,37 мг/г (см. рис. 4, б). Это свидетельствует о повышении оксигеназной активности аборигенной почвенной микрофлоры и интенсивности процессов биоразложения отдельных компонентов, входящих в состав высоковязкого битума.

При изучении биодеструкции значительное внимание уделяется исследованию почвенных фенолоксидаз (пероксидазы и полифенолоксидазы), которые играют важную роль в процессах гумификации, оказывают защитное действие на почву, разлагая различные ксенобиотики [2], участвуют

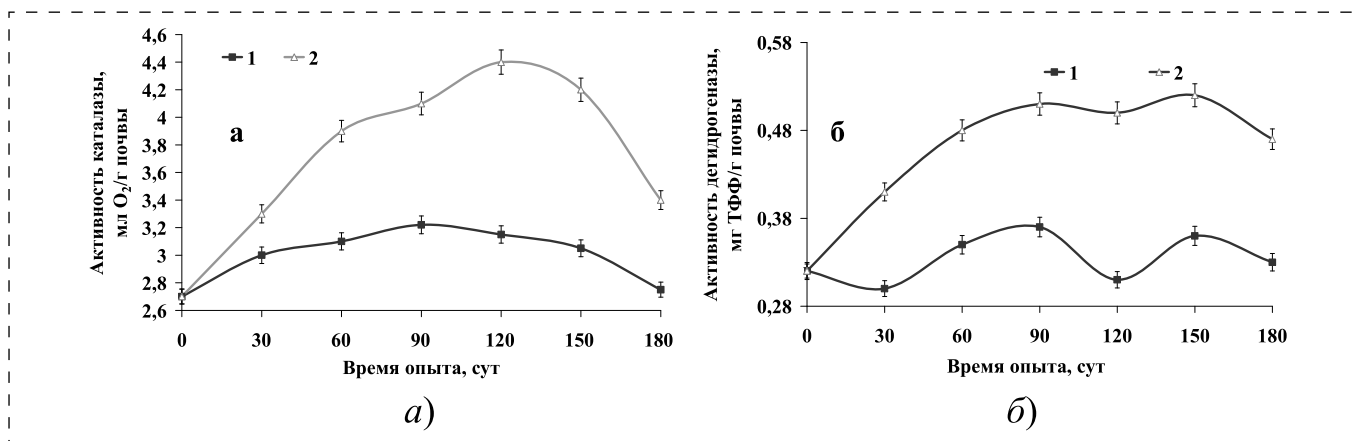


Рис. 4. Изменение каталазной (а) и дегидрогеназной (б) активности в чистой (1) и загрязненной почве (2)



в многостадийных процессах разложения и синтеза органических соединений ароматического ряда.

Как показано на рис. 5, активность этих ферментов росла до конца эксперимента. Это свидетельствует об окислении полиароматических УВ, а также структурного каркаса высокомолекулярных соединений, который составляют ароматические структуры.

Концентрация хинона, которая показывает активность пероксидазы и полифенолоксидазы, в почве с гудроном к концу эксперимента увеличилась до 0,54 мг/г и 0,4 мг/г соответственно (см. рис. 5, а и б). В контрольной почве активность этих ферментов не превышала 0,34 мг/г и 0,22 мг/г, соответственно. Полученные результаты превышали контрольные данные в 1,6–1,8 раза.

Гравиметрический анализ показал, что утилизация высоковязкого битума в модельной почвенной системе за 180 суток составила 25 г/кг, т. е. деструкция составила около 50 % (см. экспериментальную часть — количество вносимого в почву битума 50 г/кг).

При разрушении НП в почве накапливаются продукты неполного окисления некоторых УВ. Продукты неполного окисления обладают поверхностно-активными свойствами, которые,

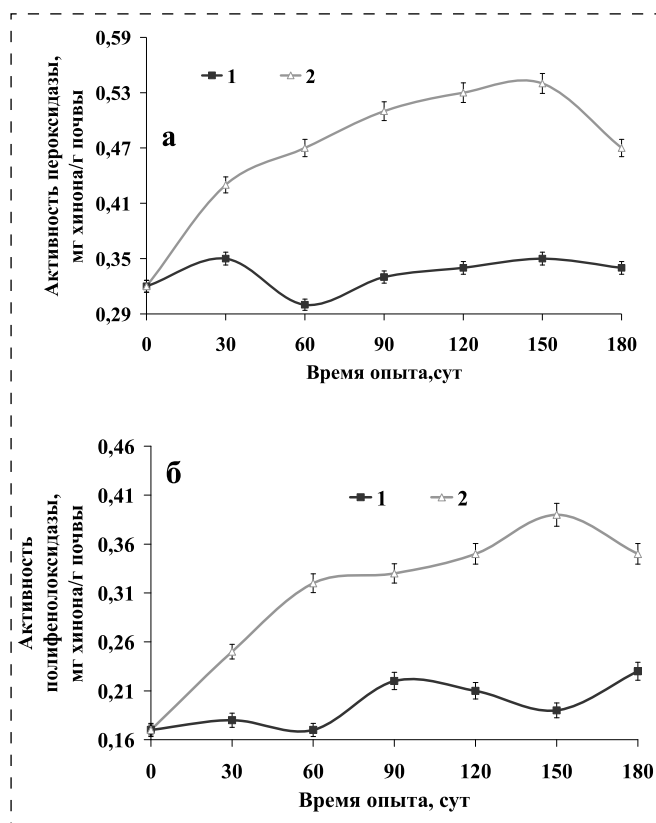


Рис. 5. Изменение пероксидазной (а) и полифенолоксидазной (б) активности в чистой (1) и загрязненной почве (2)

в свою очередь, способствуют эмульгированию УВ в мелкие капли, увеличивая поверхность их контакта с микробными клетками, а также повышают степень смачивания клеточной поверхности углеводородами, облегчая их диффузию через клеточную мембрану. В ИК-спектрах остаточных УВ, экстрагированных из почвы, появляются дополнительные полосы поглощения (п.п.) в области 3338 см^{-1} , 1705 , 1170 , 1032 см^{-1} . Появление п.п. в этих областях свидетельствует о присутствии различных кислородсодержащих соединений, являющихся промежуточными продуктами окисления УВ. Это согласуется с классической схемой окисления УВ, включающих стадии образования спиртов, эфиров, кетонов, насыщенных и ароматических карбоновых кислот и далее до CO_2 и H_2O .

В составе исходного и биodeградированного образцов битума методом хроматомасс-спектрометрии идентифицирован широкий спектр углеводородных соединений (табл. 2). По всем классам соединений отмечено их снижение при деструкции исследуемого битума в почве. Содержание насыщенных УВ в биodeградированном образце по сравнению с исходным снизилось на 63 %, не окисленными остались твердые, высокомолекулярные парафины.

Стераны являются представителями тетрациклических насыщенных УВ, весьма устойчивых к биоокислению, поэтому используемых в качестве геохимических биомаркеров. Однако, как показано в табл. 2, в аэробных условиях эти соединения подверглись довольно интенсивному окислению — степень их общей деструкции составила 43 %.

Ароматические УВ более устойчивы к микробиологическому окислению, чем парафины и нафтены, однако степень биодеструкции голоядерных фенантрена и флуорантена составила 97 %, а голоядерного пирена — 91 %. Степень биодеструкции нафталинов составила 31 %, а биодеструкции их метил- и диметилнафталинов — 63 и 44 %. Вероятно, биodeградация полярных нафталинов идет гораздо легче за счет окисления по месту присоединения боковой цепи. Биодеструкция метил- и диметилфенантронов составила 43...50 %. Моноароматические соединения — *n*-алкилбензолы — утилизированы на 69 %. Наименьшей биодеструкции подверглись метилпирены и метилфлуорантены — 18 %. Общая биодеструкция ароматических УВ составила 62 %.

Таким образом, микроорганизмы в результате биохимического окисления битума разрушали не только *n*-алканы как наиболее доступные для микробиологического окисления, но и цикланы

Хроматомасс-спектрометрический анализ исходного и окисленного битума месторождения Баян-Эрхэт

Углеводороды	Исходный образец, мкг/г	Окисленный образец, мкг/г	Степень биодеструкции, %
Насыщенные углеводороды			
Алканы	2370,4	1001,6	58
Циклогексаны	683,3	162,3	76
Сесквитерпаны	340,9	85,4	75
Секогопаны	254,9	104,7	59
Сумма	3649,5	1354,0	63
Нафтеноарены			
Моноароматические стераны	135,2	76,1	44
Триароматические стераны	21,4	12,4	42
Сумма	156,6	88,5	43
Ароматические углеводороды			
н-алкилбензолы	16,4	5,1	69
Нафталин	1,2	0,8	31
Метилнафталины	27,0	10,0	63
Диметилнафталины	72,5	40,3	44
Триметилнафталины	112,5	23,2	79
Фенантрен	52,9	1,7	97
Метилфенантрены	19,3	11,1	43
Диметилфенантрены	41,5	20,6	50
Флуорантен	20,9	0,5	97
Пирен	12,0	1,1	91
Метил-(пирены и флуорантены)	4,1	3,4	18
Сумма	360,9	223,1	62

и ароматические УВ (см. табл. 2). Вероятно, это обусловлено высоким исходным разнообразием почвенных микроорганизмов и многокомпонентностью состава субстрата — присутствием в загрязнении УВ разного строения и наличием почвенных гуминовых веществ.

По данным хроматомасс-спектрометрического анализа в результате биохимического окисления битума по сравнению с маслами исходного образца существенно меняется состав н-алканов, н-алкилбензолов, нафталинов и фенантронов.

На рис. 6 приведены масс-фрагментограммы распределения насыщенных, циклических, моно- и биароматических УВ. В исходном образце битума н-алканы идентифицированы в гомологическом ряду от C_{13} до C_{32} , в биодegradированном образце от C_{13} до C_{28} (M/z 71) со значительным снижением содержания высокомолекулярных гомологов. Гомологический ряд циклогексанов (M/z 83) сократился от C_{13} — C_{28} в исходном образце до C_{14} — C_{22} в биодegradированном, а гомологический ряд н-алкилбензолов (M/z 91) составил в исходном образце C_{12} — C_{30} и в биодegradированном C_{13} — C_{22} .

Такое снижение высокомолекулярных гомологов н-алканов, циклогексанов и н-алкилбензолов

объясняется тем, что высокомолекулярные гомологи наиболее легко подвержены процессам биодеструкции, чем низкомолекулярные. Они менее устойчивы к процессам окисления по сравнению с низкомолекулярными гомологами этих соединений.

Среди нафталинов наибольшей деструкции подверглись триметилзамещенные гомологи (M/z 170), что также согласуется с тем, что более длинный алкильный заместитель в первую очередь подвергается процессам биодеструкции.

Для представления данных СГА использованы следующие обозначения структурных параметров [13, 14], а именно: C_n , C_α и C_γ — количество атомов углерода в парафиновых структурах молекул, в α -положениях к гетерофункциям и ароматическим ядрам и в не связанных с последними терминальных метильных группах, соответственно; f_a — доли углеродных атомов в структурных фрагментах; K_o — общее число колец; K_a и K_n — количество ароматических и нафтеновых циклов в усредненной молекуле; m_a — среднее число структурных блоков в молекуле. Средние параметры структурных блоков помечены звездочками: C^* — общее число атомов С в структурном

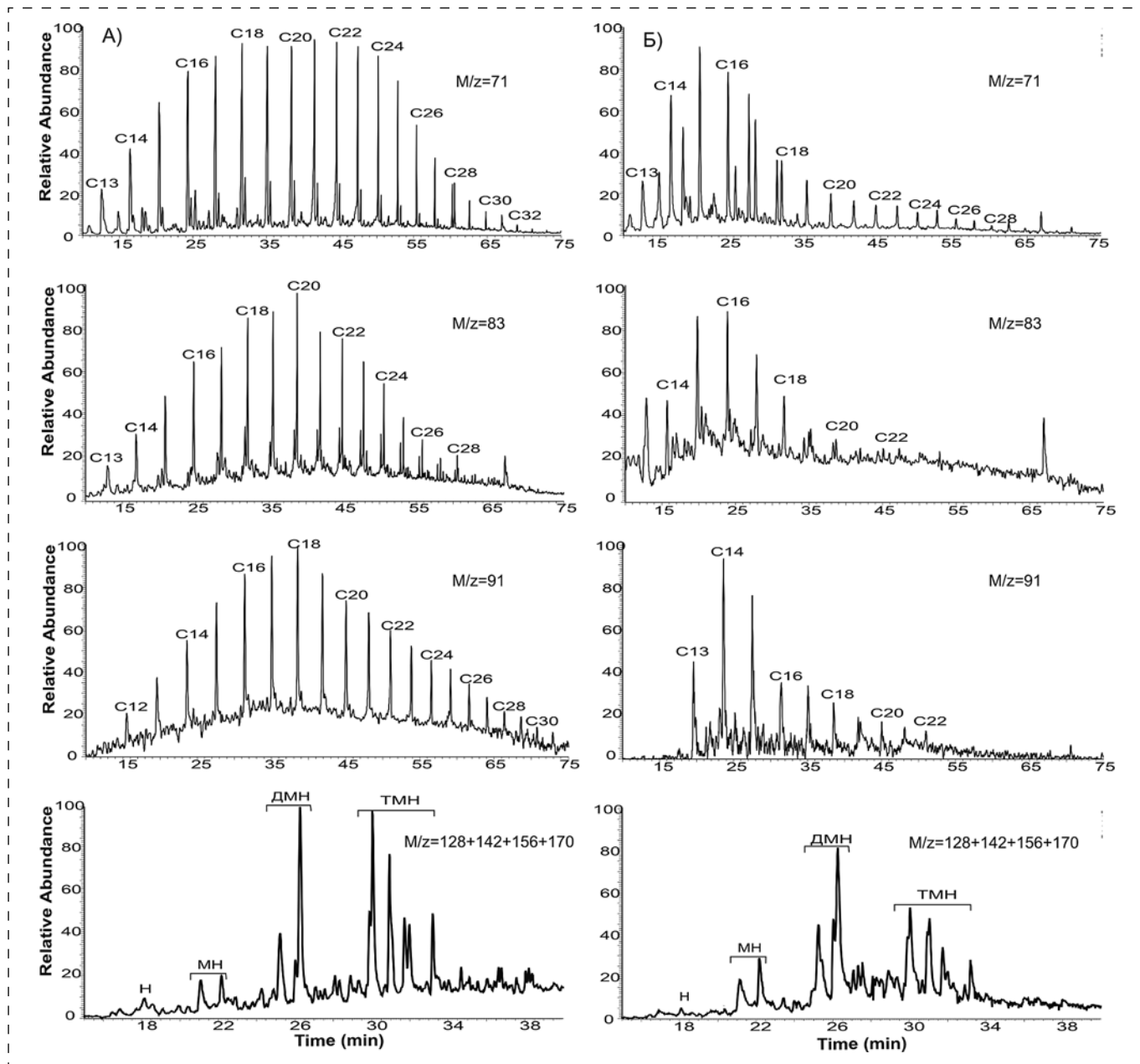


Рис. 6. Масс-фрагментогаммы распределения *n*-алканов ($M/z = 71$), циклогексанов ($M/z = 83$), *n*-алкилбензолов ($M/z = 91$), нафталина (Н) и его метил (МН)-, диметил (ДМН)- и триметилзамещенных (ТМН) гомологов ($M/z = 128, 142, 156, 170$) в исходном образце нефти (А) и образце, подверженном биодеструкции (Б)

блоке, остальные обозначения аналогичны выше указанным ($C_{\text{п}}^*$, C_{α}^* , C_{γ}^* , $K_{\text{о}}^*$, K_{α}^* , $K_{\text{н}}^*$).

Детальный анализ биодеструкции смол и асфальтенов показал, что микробиологическое окисление приводит к глубоким изменениям структурно-групповых характеристик смол и асфальтенов. В процессе биодеструкции битума заметно менялся его вещественный состав. В табл. 3 приведены структурно-групповые характеристики смол, асфальтенов исходного битума и продуктов его биодеструкции.

Суммарное содержание смол в битуме в процессе биодеструкции снижается, а асфальтенов увеличивается. Так как разделение на смолы и асфальтены условное и определяется растворимостью компонентов в растворителе, то увеличение доли асфальтенов можно объяснить включением в их состав более полярных компонентов, которые образуются в процессе биоразложения смол и масел.

Из данных табл. 3 видно, что в процессе биодеструкции снизилась доля смол и увеличилась

Средние структурные параметры молекул смол и асфальтенов, выделенных из исходного и деградированного битума

Параметры	Смолы		Асфальтены	
	Исходные	Деградированные	Исходные	Деградированные
Содержание, мас. %				
	52,5	42,4	2,3	13,6
Средняя молекулярная масса, а.е.м.				
	580	880	2130	2350
Число атомов элементов в средней молекуле				
C	41,73	58,92	152,62	161,58
H	65,88	92,10	223,57	209,59
N	0,46	0,78	2,80	2,94
S	0,08	0,07	0,49	0,43
O	0,31	4,19	1,26	9,06
H/C	1,58	1,56	1,46	1,30
Кольцевой состав				
K_o	5,09	6,17	21,58	29,64
K_a	2,12	3,22	10,92	13,35
K_n	2,97	2,95	10,66	16,30
Фактор ароматичности				
f_a	22,58	22,04	26,94	32,01
Среднее число структурных блоков в молекуле				
m_a	1,02	1,55	1,98	3,82
Параметры средних структурных блоков				
K_o^*	4,99	3,97	10,88	7,75
K_a^*	2,08	2,07	5,50	3,49
K_n^*	2,91	1,90	5,38	4,26
C^*	40,89	37,90	76,96	42,27
C_n^*	19,56	21,70	33,31	10,81
C_α^*	3,98	4,18	8,91	5,12
C_γ^*	4,72	3,60	5,98	2,52

доля асфальтенов, что объясняется более активной деструкцией масляной части и изменением пропорций компонентов. В целом, процесс биодеградации привел к увеличению среднего числа структурных блоков (m_a) в усредненной молекуле смол и асфальтенов (несомненно, в их состав вошли окисленные компоненты масел). Отмечено заметное увеличение числа атомов кислорода в средней молекуле смол и асфальтенов, при этом доля других гетероатомов поменялась несущественно.

Результаты структурно-группового анализа высокомолекулярных гетероатомных компонентов битума свидетельствуют о глубоких изменениях структуры этих молекул в процессе деструкции аборигенной почвенной микрофлоры.

В целом, степень трансформации нефтепродуктов и скорость самоочищения почв не является постоянной величиной и зависит как от состава и концентрации НП, так и от свойств самих почв, структуры ландшафта, климатических условий, видового состава растительного покрова и почвенных микроорганизмов.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют об адаптации аборигенной почвенной микрофлоры к относительно невысокой концентрации исследуемого НП: численность микроорганизмов в загрязненной почве возросла на 1...1,5 порядка, активность изучаемых ферментов — в 1,5—2 раза.



В результате интенсивного микробиологического преобразования высоковязкого битума в почве потеря его массы за 180 суток составила 50 % от исходного загрязнения, причем все УВ подверглись окислению на 58,6...100 %.

Биоокисление битума сопровождалось изменением его группового и индивидуального углеводородного состава: увеличением содержания высококипящих фракций вследствие остаточного накопления смол и асфальтенов, новообразованием кислородсодержащих соединений разного строения.

Кроме масел в процессе биодegradации битума претерпевают изменения смолы и асфальтены как качественно, так и количественно. Суммарное содержание смол в битуме в процессе биодegradации снижается, а асфальтенов увеличивается. Так как разделение на смолы и асфальтены условное и определяется растворимостью компонентов в растворителе, то увеличение доли асфальтенов можно объяснить включением в их состав полярных компонентов, которые образуются в процессе биоразложения смол и масел. Процесс деструкции приводит к частичному разрушению алкильного обрамления исходных молекул смол и аккумулярованию кислорода в составе средних молекул смол и асфальтенов. В молекулах асфальтенов главным образом снижается доля парафиновых структур (C_n^*), так как они наиболее подвержены деструкции и снижается количество атомов углерода в структурных блоках. В молекулах смол происходит частичное разрушение нафтеновых структур.

Список литературы

1. **Нефтезагрязненные** биоценозы / А. А. Оборин, В. Т. Хмурчик, С. А. Иларионов, М. Ю. Маркарова, А. В. Назаров. — Пермь: Изд-во ПГУ, 2008. — 511 с.
2. **Середина В. П., Бурмистрова Т. И., Терещенко Н. Н.** Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — 270 с.

3. **Иларионов С. А.** Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв. — Екатеринбург: УрО РАН, 2004. — 194 с.
4. **Хаустов А. П., Редина М. М., Луценкова Е. О.** Проблемы оценки трансформации углеводородных загрязнений при аварийных разливах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2011. — № 6. — С. 8—13.
5. **Тимергазина А. Ф., Переходова Л. С.** К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2012. — Т. 7, № 1. — С. 1—28.
6. **Жуков Д. В., Мурыгина В. П., Калюжный С. В.** Механизмы дегradации углеводородов нефти микроорганизмами // Успехи современной биологии. — 2006. — Т. 126, № 3. — С. 285—296.
7. **Хаустов А. П.** Техногенные системы как феномен самоорганизации материи (на примере загрязнения геологической среды углеводородами) // Литосфера. — 2014. — № 1. — С. 105—116.
8. **Гирич И. Е., Алешина Н. Ю., Карасев С. Г.** Биоремедиация черноземной почвы, загрязненной нефтью // Биотехнология. — 2005. — № 2. — С. 67—72.
9. **Киреева Н. А., Новоселова Е. И., Григориади А. С.** Влияние загрязнения почв нефтью на физиологические показатели растений и ризосферную микробиоту // Агрехимия. — 2009. — № 7. — С. 71—80.
10. **Звягинцев Д. Г.** Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 231 с.
11. **Хазиев Ф. Х.** Методы почвенной энзимологии. — М.: Наука, 2005. — 252 с.
12. **Другов Ю. С., Родин А. А.** Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: Практическое руководство. — М.: Изд-во Бинум, 2007. — 263 с.
13. **Химический состав** нефтей Западной Сибири / В. Ф. Камьянов, Т. А. Филимонова, Л. В. Горбунова, А. К. Лебедев, П. П. Сивирилов и др. — Новосибирск: Наука, 1988. — 288 с.
14. **Камьянов В. Ф., Большаков Г. Ф.** Особенности применения новой расчетной схемы структурно-группового анализа компонентов нефти // Нефтехимия. — 1984. — Т. 24, № 4. — С. 443—452.
15. **Климова В. А.** Основные микрометоды анализа органических соединений. — М.: Химия, 1975. — 288 с.
16. **Камьянов В. Ф., Аксенов В. С., Титов В. И.** Гетероатомные компоненты нефтей. — Новосибирск: Наука, 1983. — 240 с.
17. **Посадов И. А., Поконова Ю. В.** Структура нефтяных асфальтенов. — Л.: Ленинградский технол. ин-т им. Ленсовета, 1977. — 75 с.
18. **Поконова Ю. В.** Химия высокомолекулярных соединений нефти. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. — 172 с.

D. A. Filatov, Researcher, e-mail: filatov@ipc.tsc.ru, **M. A. Kopytov**, Researcher, **V. S. Ovsyannikova**, Researcher, **E. A. Elchaninova**, Researcher, Institute of Petroleum Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk

Oxidation of High-Viscosity Bitumen by Native Soil Microflora

The paper presents the results on biochemical oxidation of high-viscosity bitumen with a high content of heteroelements (Bayan-Erhet oilfield, Mongolia) by soil microflora. In response to the oil pollution of the system the number of microflora increased 20...40 times and the enzymatic activity of the soil increased 1.5...2.0 times, indicating the active destruction of the polluting oil product. IR spectroscopy proved the appearance of the

intermediate products of hydrocarbons oxidation and the change in the structural composition of the pollution. For 180 days biodegradation of the oil product under study amounted to 50 % of the initial pollution. The soil microflora was found to be capable of mineralizing hydrocarbons of various structures included in the bitumen under study, reducing their content by 18...97 %. In addition to hydrocarbons high-molecular heteroatomic bitumen components (resins and asphaltenes) were also subjected to microbiological degradation. In the process of destruction their molecule structures underwent profound changes.

Keywords: oil pollution, high-viscosity bitumen, biodegradation, native soil microflora, hydrocarbon-oxidizing microorganisms, enzymatic activity, saturated, naphthenes, and aromatic hydrocarbons, resins and asphaltenes

References

1. **Neftezagrzajzennyye** biocenozy. A. A. Oborin, V. T. Hmurchik, S. A. Ilarionov i dr. Perm': Izdatel'stvo PGU, 2008. 511 p.
2. **Seredina V. P., Burmistrova T. I., Tereshhenko N. N.** Neft-ezagrzajzennyye pochvy: svoystva i rekul'tivatsiya. Tomsk: Izd-vo TPU, 2006. 270 p.
3. **Ilarionov S. A.** Jekologicheskie aspekty vosstanovleniya neftzagrzajzennykh pochv. Ekaterinburg: UrO RAN, 2004. 194 p.
4. **Haustov A. P., Redina M. M., Lushhenkova E. O.** Problemy ocenki transformatsii uglevodorodnykh zagrzajzenij pri avari-jnyh razlivah. *Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse*. 2011. No. 6. P. 8—13.
5. **Timergazina A. F., Perehodova L. S.** K probleme biologich-eskogo okisleniya nefti i nefteproduktov uglevodorodokislja-jushhimi mikroorganizmami. *Neftegazovaya geologija. Teorija i praktika*. 2012. Vol. 7, No. 1. P. 1—28.
6. **Zhukov D. V., Murygina V. P., Kaljuzhnyj S. V.** Mehanizmy degradatsii uglevodorodov nefti mikroorganizmami. *Uspehi sovremennoj biologii*. 2006. Vol. 126, No. 3. P. 285—296.
7. **Haustov A. P.** Tehnogennyye sistemy kak fenomen samoor-ganizatsii materii (na primere zagrzajzeniya geologicheskoy sredy uglevodorodami). *Litosfera*. 2014. No. 1. P. 105—116.
8. **Girich I. E., Aleshina N. Ju., Karasev S. G.** Bioremediatsiya chernozemnoj pochvy, zagrzajzennoj neft'ju. *Biotehnologija*. 2005. No. 2. P. 67—72.
9. **Kireeva N. A., Novoselova E. I., Grigoriadi A. S.** Vlijanie zagrzajzenija pochv neft'ju na fiziologicheskie pokazateli rastenij i rizosfernuju mikrobiotu. *Agrohimiya*. 2009. No. 7. P. 71—80.
10. **Zvjaginev D. G.** Metody pochvennoj mikrobiologii i bio-himii. Moscow: Izdatel'stvo MGU, 1991. 231 p.
11. **Haziev F. H.** Metody pochvennoj jenzimologii. M.: Nauka, 2005. 252 p.
12. **Drugov Ju. S., Rodin A. A.** Analiz zagrzajzennoj pochvy i opasnykh othodov. Prakticheskoe rukovodstvo. Moscow, Izdatel'stvo Binom, 2007. 263 p.
13. **Kam'janov V. F., Filimonova T. A., Gorbunova L. V., Lebe-dev A. K., Sivirilov P. P.** Himicheskij sostav neftej Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1988. 288 p.
14. **Kam'janov V. F., Bol'shakov G. F.** Osobennosti primenenija novoj raschetnoj shemy strukturpo-grupppovogo analiza komponentov nefti. *Neftehimija*. 1984. Vol. 24, No. 4. P. 443—452.
15. **Klimova V. A.** Osnovnye mikrometody analiza organicheskikh soedinenij. Moscow: Himija, 1975. 288 p.
16. **Kam'janov V. F., Aksenov V. S., Titov V. I.** Geteroatomnye komponenty neftej. Novosibirsk: Nauka, 1983. 240 p.
17. **Posadov I. A., Pokonova Ju. V.** Struktura neftjanyh asfal'tenov. Leningrad: Leningradskij tehnologicheskij In-stitut im. Lensoвета, 1977. 75 p.
18. **Pokonova Ju. V.** Himija vysokomolekuljarnykh soedinenij nefti. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 1980. 172 p.

Информация

Международная выставка Технологии безопасности — 2019 27—29 марта 2019г. Узбекистан, Ташкент, Узэкспоцентр

На выставке "Технологии безопасности — 2019" представится возможность обсудить актуальные вопросы по обеспечению личной и общественной безопасности.

На выставке будет продемонстрирован спектр оборудования и новых подходов для обеспечения безопасности, в частности: технические средства для обеспечения безопасности на промышленных объектах, системы оповещения при возгорании и задымлении, оборудование по обеспечению комплексной безопасности, пожарные машины, рации, информационная безопасность.

Основные разделы выставки

- Технологии безопасности;
- Противопожарная безопасность;
- Охрана труда и окружающей среды;
- IT безопасность — защита информации.

Контакты:

E-mail: info@ieg.uz; info@expouz.uz
Сайт: www.ieg.uz

УДК 614.841.2

И. Д. Чешко, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотр.,
А. А. Тумановский, канд. техн. наук, начальник. отдела, e-mail: ficentre@igps.ru,
А. Ю. Парийская, науч. сотр., **О. В. Лобатова**, ст. науч. сотр.,
Н. В. Петрова, ст. науч. сотр., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Утечки и взрывы горючих газов — чрезвычайные ситуации в бытовой сфере

Приведены данные анализа взрывов, обусловленных техногенными факторами, рассмотрен механизм формирования условий, необходимых для взрывов, и криминалистически значимые признаки, с ними связанные. Перечислены основные взрывы, произошедшие с января по декабрь 2017 г. Проанализированы обстоятельства, обусловившие утечки и взрывы газа в сфере быта. Приведены различные аварийные ситуации, приводящие к утечке газов, формированию взрывоопасных топливо-воздушных смесей, такие как вынос напряжения на металлические части газового оборудования, ремонтно-профилактические работы, повышенное давление газа, дефекты газового оборудования, строительно-монтажные работы, утечки газа из газопроводов. Приведены материальные признаки перечисленных аварийных ситуаций. Установлено, что наиболее опасными являются утечки газов, являющиеся следствием электрических аварийных процессов — в первую очередь утечек тока (выносов напряжения) на конструкции и детали корпусов электрогазовых плит и другого газового оборудования. Показано, что реальную потенциальную опасность несет хранение в домах газовых баллонов и, тем более, использование сжиженного газа в технологических операциях типа установки натяжных потолков.

Ключевые слова: газ, жилые дома, газозвоздушная смесь, метан, пропан, бутан, объемный взрыв, причины, обстоятельства

Введение

Взрывы газозвоздушных смесей (ГВС) — так называемые "газовые взрывы" — происходят в России с угрожающей частотой. Так, за 2016—2017 гг. по данным электронных изданий в жилых и общественных зданиях страны (т. е. помимо производственной сферы) произошло 149 взрывов газа. Ниже перечислены основные взрывы, произошедшие в 2017 г., и названы последствия этих взрывов.

11 января 2017 г. в Саратове произошел взрыв бытового газа в шестиэтажном жилом доме. Один человек погиб, еще восемь получили ранения разной степени тяжести. В результате взрыва обрушились перекрытия; на трех этажах с третьего по пятый возник пожар на площади 250 м². По данным следственного комитета, взрыв был вызван самовольной установкой газовой плиты в одной из квартир.

20 января 2017 г. в Белорецке (Башкортостан) в результате взрыва газозвоздушной смеси в пятиэтажном жилом доме погиб один человек — хозяин квартиры.

9 апреля 2017 г. в Таганроге (Ростовская обл.) при взрыве бытового газа в пятиэтажном доме погибли два человека, еще два человека пострадали. Три квартиры были полностью разрушены, еще десять квартир получили повреждения. Разрушилась внешняя стена здания на площади 20 м².

16 мая 2017 г. в Волгограде при взрыве в четырехэтажном доме в результате повреждения газовой трубы произошло обрушение подъезда. В результате погибли четыре человека, ранения получили 11 человек.

9 ноября 2017 г. в Ижевске полностью обрушилась секция девятиэтажного дома. Предварительной причиной обрушения считался взрыв бытового газа. В результате четыре человека погибли, четыре пострадали.

24 ноября 2017 г. в Мурманске загорелись две квартиры в жилом доме после взрыва бытового газа.

3 декабря 2017 г. в Омске в жилом доме (новостройке) в квартире на 10-м этаже произошел взрыв газа. Пострадал человек.

Самый крупный случай взрыва газа с человеческими жертвами с 2000 г. произошел 27 февраля

2012 г. в Астрахани. Был полностью разрушен один из подъездов в девятиэтажном жилом доме. Погибли 11, а пострадали 14 человек, 62 семьи остались без крова... [1].

Взрывы могут быть связаны с антропогенным фактором, когда утечка газа обусловлена действиями человека, либо с техногенным фактором. В последнем случае взрыву, как правило, предшествует утечка горючего газа из газопровода, газовых приборов и оборудования, приводящая к формированию взрывоопасной концентрации газа в помещении или его части.

Рассмотрим взрывы, связанные с влиянием техногенных факторов, и механизм формирования условий, вызывающих взрывы. В средствах массовой информации о таких пожарах и взрывах, последствиях и жертвах обычно сообщается незамедлительно. При этом, как правило, неизвестной остается непосредственная (техническая) причина взрыва и обстоятельства, приведшие к взрыву, и особенно, когда возникновение взрывоопасной ситуации обусловлено не человеческим фактором, а какими-либо техническими причинами. Выявление и предупреждение таких аварийных ситуаций может в существенной степени снизить риск взрывов газа.

Основным источником приведенной в статье информации явились отчеты по темам № 1-2016 и № 1-2017 "Провести исследование пожаров, произошедших в 2016 (2017) году, представляющих научный и практический интерес" о результатах исследования пожаров, которые подготовлены государственными судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы "Испытательные пожарные лаборатории" (СЭУ ФПС "ИПЛ") МЧС России.

При установлении причины обычного пожара задачей пожарно-технического эксперта является реконструкция так называемого треугольника пожара — горючего вещества (материала), окислителя и источника зажигания, обеспечившего начало процесса их взаимодействия. Причем установление источника зажигания обычно рассматривается в качестве приоритетной задачи.

При экспертном исследовании газового взрыва и связанного с ним пожара (уточним, что такое исследование находится в компетенции пожарно-технического эксперта, а не эксперта-взрывотехника), а также профилактики такого рода инцидентов в будущем важно установить не только и не столько источник зажигания (он носит подчас случайный характер — это может быть, например, искра в выключателе света, реле холодильника и т. п.), сколько причину появления в воздухе горючего газа во взрывоопасной концентрации. Обычно эти аварийные ситуации

связаны с разгерметизацией газовых линий, газовых приборов и оборудования.

Подобные пожары (взрывы) могут рассматриваться как случайная выборка, характеризующая обстоятельства, аварийные ситуации, приводящие к утечке газов, формированию взрывоопасных топливовоздушных смесей и их материальные признаки.

Вынос напряжения (электрического потенциала) на металлические части газового оборудования

Проблема, связанная с утечкой тока и воспламенением газа, выходящего из разгерметизированной газовой линии, стала актуальной с появлением так называемых бытовых электрогазовых плит. Аварийная ситуация обычно возникает в газовых плитах, снабженных электроподжигом, грилем и другими сервисными электрическими системами. Процесс развивается следующим образом: в местах, где имеются дефекты электрической изоляции, при контакте с металлическим корпусом плиты на нем возникает электрический потенциал. Происходит утечка тока на корпус газовой плиты и с него, через гибкий металлизированный газовый шланг, на заземленную стационарную газовую трубу и с нее на землю. В точке присоединения шланга к газовой трубе обычно имеет место плохой электрический контакт, следствием которого является так называемое "большое переходное сопротивление" (БПС). Возникает искрение (электрические микродуго), разогрев и проплавление металла трубы, приводящее к возникновению факельного горения газа по месту утечки [2].

Основными признаками, характерными для протекания электродугового процесса, являются: локальные термические повреждения электроизоляционных и других материалов в зоне контакта; многочисленные микроарзряды, оставляющие на контактных поверхностях следы электроэрозии в виде кратеров, микроплавлений (результат интенсивного искрения); волнообразные наплывы различной конфигурации, имеющие округлую, без граней и острых кромок структуру.

Протекающие процессы оставляют четкие материальные следы, достаточно специфические, которые могут быть выявлены и зафиксированы в ходе экспертного исследования пожара (взрыва).

На рис. 1 показан гибкий газовый шланг, изъятый с места пожара в апреле 2016 г. на кухне квартиры жилого дома в городе Орле (2016 г.). Шланг был резиновый в металлической оплетке. На конце его расположена вальцованная втулка, на которой наблюдается сквозной прожог металла размером 1,5×1,3 см. Газовая плита была с электроподжигом,

газовая панель и газовый шланг, идущий от нее, оказались под напряжением. Аналогичные проплавления обнаруживались при исследованиях других пожаров в Орле (рис. 2) и Пскове в 2016 г.

На рис. 1—4 показан многократно отмеченный признак рассматриваемого аварийного



Рис. 1. Локальные термические поражения гибкого газового шланга



Рис. 2. Проплавление втулки газового шланга

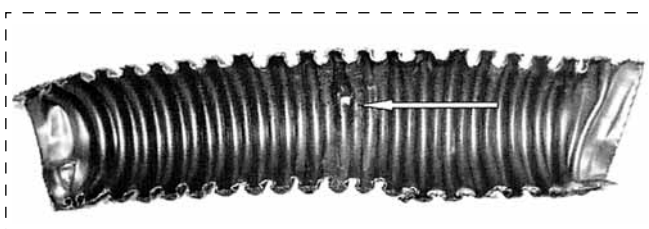


Рис. 3. Точечный прожог сильфонного шланга подводящего газ к электроплите

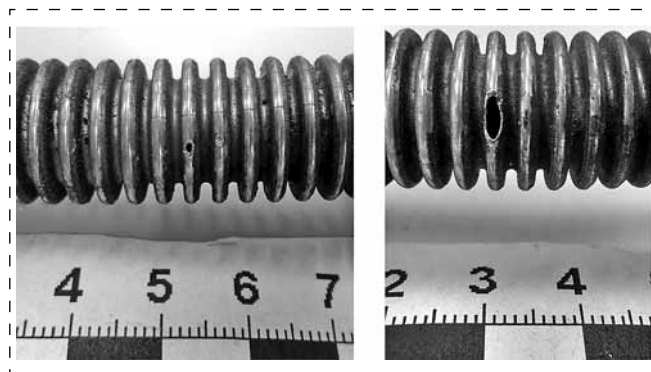


Рис. 4. Прожог сильфонного шланга в результате утечки тока

режима — проплавление в одной из зон контакта. Данные следы (оплавления, проплавления, следы микродуг и др.) формируют устойчивые классификационные признаки подобных аварийных процессов.

На рис. 5 видны следы электроэрозии в виде хребтов, кратеров, лунок, микрооплавлений, микробрызг, которые оставляют многочисленные микроразряды. Также следы могут иметь округлую, без граней и острых кромок структуру в виде волнообразных наплывов (см. рис. 5, внизу).

Еще хуже ситуация, когда при разгерметизации газовой линии не происходит зажигания и факельного горения, газ выходит наружу, наполняет помещение и с формированием взрывоопасной концентрации и появлением случайного источника зажигания происходит объемный взрыв. Несмотря на негативный опыт, запреты использования газовых шлангов с металлической оплеткой, подобные инциденты продолжают иметь место.

Разгерметизация газовых труб может происходить в результате электродуговых процессов, возникающих без участия электрогазовых плит, — за счет электродуговых процессов между корпусами другого электрооборудования, между газовыми трубами, гибкой газовой подводкой и заземленной трубой водопровода и т. д.

Еще один пожар произошел в котельной магазина (Тамбов, 2016 г.). Очаг пожара находился в месте прохождения гибкого газового шланга через корпус газового котла (рис. 6). Исследование места пожара показало, что занос электрического потенциала произошел от зависшего провода уличной линии электропередачи на металлическую крышу магазина, затем на уличный газопровод, который, в свою очередь, соединен с гибким металлизированным газовым шлангом. Газовый шланг, в свою очередь, касался корпуса котла (заземленного).

При осмотре места объемного газового взрыва в жилом доме (Санкт-Петербург) кроме типичных

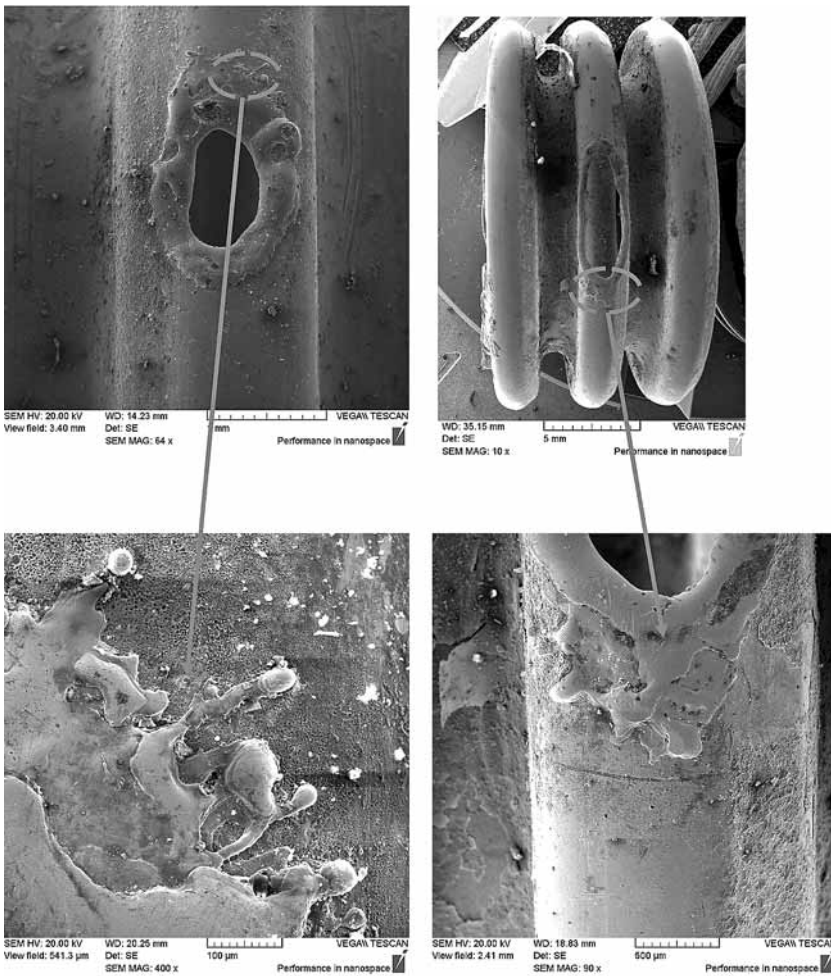


Рис. 5. Крупный план проплавления в гофрошланге (вверху); стрелками показаны волнообразные наплывы и микробрызги на проплавлении в гофрошланге (внизу)

взрывных поражений и общего закопчения, на кухне за плитой была обнаружена локальная зона выгорания тыльной части кухонной мебели. Там



Рис. 6. Место прохода шланга через левую стенку котла

же проходили газовая и водопроводная трубы, практически соприкасаясь в этой зоне, а к газовой трубе подсоединялась разрушенная на момент осмотра экспертами гибкая подводка (шланг), по которой к плите подавался газ. Картина была очень похожа на ту, которая наблюдается в электрогазовых плитах при утечке тока на их корпус, а с него по металлической оплетке газового шланга на газовую трубу. Но в данном случае шланг не имел металлической оплетки и не мог послужить электропроводным мостиком для утечки тока!

В процессе исследования выяснилось, что вынос напряжения действительно имел место. Но под напряжением (даже после взрыва и пожара), находилась водопроводная труба. Вынос напряжения на нее произошел где-то за пределами квартиры (выше и ниже этажами проводились евроремонты квартир). С этой трубы на газовую, поскольку они практически соприкасались в месте, где к газовой трубе подсоединялся резиновый газовый шланг, происходила утечка тока, при этом в точке соприкосновения, судя по последствиям, имел место "плохой контакт". Разогрев в зоне большого переходного сопротивления (БПС) привел к разрушению подсоединенного к газовой трубе газового гибкого шланга (прогорела резина на участке шланга, прилегающем к зоне нагрева БПС). По причине потери герметичности газовой линии, газ начал выходить наружу, постепенно заполняя помещение кухни и примыкающий к ней коридор и формируя взрывоопасную газоздушную среду.

Ремонтно-профилактические работы

Именно эти работы часто приводят к неконтролируемому выходу газа и его загоранию. Экспертным исследованием возгорания одновременно в трех квартирах многоквартирного дома (Владимирская область, 2017 г.) установлено, что при проведении ремонтных работ была повреждена нулевая оболочка и жилы кабеля, в результате чего пошли скачки напряжения на дом. В связи с тем, что места соединения гибких резиновых трубок (втулки и штуцера) не обеспечивают плотный механический токопроводящий контакт, возникло



БПС с "неполным" коротким замыканием и дальнейшим разогревом, появлением длительных искровых разрядов, приведших к проплавлению металлических элементов трубки (втулки и штуцера) и резинового шланга, разгерметизации газовой линии и загоранию выходящего газа.

Пожар на кухне в одной из квартир жилого дома (Архангельск, 2017 г.) во время проведения профилактических работ внутридомового газового оборудования произошел в результате разгерметизации газового крана газопровода. Газовоздушная смесь стала распространяться под давлением в объем помещения кухни. Электрическая искра электроподжига газовой плиты послужила источником возгорания газовоздушной смеси.

Повышенное давление газа

На кухне в одной из квартир многоквартирного дома (Петрозаводск, 2017 г.) произошел выброс газа из конфорки газовой плиты (с последующим воспламенением газовоздушной смеси бытового газа с воздухом) вследствие возникновения повышенного давления из-за неисправности регулятора давления газового баллона.

В результате серии взрывов одновременно в четырех жилых домах Москвы (2014 г.), пострадало 26 квартир. Это стало следствием сбоя в работе оборудования местной распределительной станции, подававшей газ под повышенным давлением.

Дефекты газового оборудования

В первую очередь рассмотрим дефекты, нарушающие герметичность газового оборудования.

При расследовании пожара на кухне жилого дома (Сарапул) в месте расположения газовой колонки было установлено, что накидная гайка на Г-образном патрубке, идущем от коллектора к газовому блоку, имеет дефект в виде трещины.

Взрыв газовоздушной смеси с последующим пожаром произошел в двухэтажном многоквартирном доме (Краснодарский край, 2017 г.) в результате утечки газа при незакрытом кране газовой печи.

В двухэтажном жилом доме (Иваново, 2016 г.) произошел взрыв бытового газа. В результате погибли шесть человек, еще восемь человек пострадали. По основной версии следствия эпицентром взрыва стала квартира на первом этаже, в которой был обнаружен газовый котел с повреждениями и следы термического воздействия на полу.

Строительно-монтажные работы

Газовые взрывы в ходе строительно-монтажных работ чаще всего связаны с хранением и

использованием газовых баллонов с ацетиленом (при газосварке и резке) и сжиженным пропан-бутаном как самого распространенного газового топлива. Основная опасная операция при этом — установка так называемых натяжных потолков, взрывы при установке которых происходили, например в 2017 г. в п. Усть-Кут Иркутской области, в Рубцовске и др.

Технология монтажа популярных в последнее время натяжных потолков предусматривает предварительный нагрев поливинилхлоридного полотна. Для этого используется тепловая пушка, которая работает на сжиженном газе (пропан-бутане). Данная операция и используемое оборудование представляют пожарную опасность. Взрыв баллона может происходить при его переполнении более, чем на 80 % (отсутствие в баллоне воздушной подушки не дает сжиженному газу расширяться при вносе баллона в теплое помещение, что приводит к разрыву баллона). Баллон взрывался, когда во время работы газовой пушки он находился на траектории движения горячего потока воздуха.

При наличии дефектов в шланге и запорной арматуре, неисправности горелки могут происходить утечки газа. Для отопления при строительно-монтажных работах в ряде случаев используют передвижное газовое оборудование, которое может оказаться источником утечки газа. Так, в одном из строящихся домов (Татарстан, 2017 г.) произошел газовый взрыв. Источником утечки газа была система газоснабжения тепловой пушки из газового баллона со сжиженным пропан-бутаном, либо сам баллон.

К редкой причине пожара можно отнести воспламенение газовоздушной смеси в шлангах газорезательного оборудования. Например, один из пожаров (Омская область), произошедший по причине воспламенения газовоздушной смеси, начался в автомобиле ЗИЛ-130, принадлежащем ремонтной службе и оборудованном будкой с дровяной отопительной печью. После проведения ремонтных (газорезательных) работ по устранению аварии на теплотрассе весь инструмент, и газовые шланги в том числе, были убраны в будку автомобиля, где топилась дровяная печь. Единственно возможной причиной пожара, по мнению эксперта, послужило воспламенение газовоздушной смеси, образовавшейся в результате таяния ледяных пробок внутри шлангов, от пламени в топке печи.

Утечки газа из газопроводов

Утечки горючего газа могут происходить не только в помещениях, но и вне их, в том

числе на газопроводах высокого и низкого давления. Газопроводы низкого давления могут быть опаснее трубопроводов высокого давления. Они меньше контролируются и менее надежны по механической прочности. Особенно опасны газопроводы с полимерными трубами — они не ржавеют, но зато и легче разрушаются. При этом газ вытекает в почву и мигрирует в ней, выходя наружу в самых неожиданных местах. При прохождении по слоям грунта газ теряет одорант (он сорбируется почвой) и становится вдвойне опасен, так как его нельзя обнаружить по запаху [2].

Такой инцидент произошел в деревянном рубленом доме (Челябинская область, 2017 г.). Дом не газифицирован, в нем постоянно никто не проживал. Из объяснения очевидца начала возникновения пожара следует, что после того как он вошел в дом и включил свет, лопнула колба лампы, произошел хлопок и на уровне потолка возникло пламя синего оттенка.

По результатам проведенного исследования было установлено, что на начальном этапе горение действительно происходило в комнате на уровне перекрытия. Процессу горения конструкций и предметов в комнате предшествовали хлопок и распространение по потолку пламени синего оттенка.

После ликвидации пожара сотрудниками газовой службы были проведены замеры концентраций газа в воздухе, которые показали превышение концентрации газа, как в подполе дома, так и на улице, в палисаднике. Было установлено, что в непосредственной близости



Рис. 7. Общий вид порыва газовой трубы (после ее демонтажа) и природного камня, который находился непосредственно на данной трубе

от дома проходил подземный магистральный газопровод, на наружной пластиковой стенке трубы которого были обнаружены признаки повреждения в виде трещины длиной около 10 см и шириной 1 см.

Аналогичное разрушение полимерной трубы газопровода имело место в торговом павильоне (Курск), где не было газового оборудования и приборов [3]. Вспышка газа произошла в момент, когда в павильоне растапливали дровяную печь. Как выяснилось, газовая труба была проложена на расстоянии 10 м от стены павильона на глубине 1,0...1,2 м. Когда трубу (она была пластиковой) закапывали в землю, на нее попал острый камень, который при усадке грунта трубу прорвал (рис. 7).

Заключение

Многочисленные газовые взрывы в жилых домах в первую очередь носят антропогенный характер. В то же время, как следует из приведенных выше примеров, достаточно большое число инцидентов является следствием технических проблем, неисправностей газового оборудования, приводящих к утечкам газа. Наиболее опасными являются утечки газов, являющиеся следствием электрических аварийных процессов — в первую очередь утечек тока (выносов напряжения) на конструкции и детали корпусов электрогазовых плит и другого газового оборудования. Полностью проблема пока не решена ни запретом подключения газовых плит с помощью гибких шлангов с металлической оплеткой, ни введением диэлектрических вставок по месту подключения гибких шлангов.

Реальную потенциальную опасность несет хранение в домах газовых баллонов и, тем более, использование сжиженного газа в технологических операциях типа установки натяжных потолков.

Список литературы

1. **Статистика** произошедших взрывов бытового газа. URL: <https://pasko.ru/node/4085> (дата обращения 29.05.2018).
2. **Чешко И. Д., Плотников В. Г.** Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. — СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России. Кн. 1 — СПб., 2010. — 708 с. Кн. 2 — СПб., 2012. — 364 с.
3. **Горбулин В. И.** Взрыв газа в торговом павильоне. Расследование пожаров: Сборник статей // Вып. 5. — СПб.: СПбУ ГПС, 2016. — С. 55—63.



I. D. Cheshko, Professor, Leading Researcher, **A. A. Tumanovskij**, Head of Department, e-mail: ficentre@igps.ru, **A. Yu. Parijskaja**, Research Associate, **O. V. Lobatova**, Senior Researcher, **N. V. Petrova**, Senior Researcher, Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia

Leaks and Explosions of Fuel Gases — Emergency Situations in the Domestic Sphere

In this article explosions due to an anthropogenic factor are analyzed, the mechanism of formation of the conditions necessary for explosions and forensic significant signs associated with them is examined. The main explosions that occurred from January to December 2017 are listed. The circumstances that caused leaks and explosions of gas in the sphere of everyday life are analyzed. Various emergency situations that lead to gas leakage, the formation of explosive fuel-air mixtures, such as the removal of voltage on the metal parts of the gas equipment, repair and preventive works, construction and installation works, gas leakage from gas pipelines, etc. are given. Their material features with examples of photographs are also given. It has been established that the most dangerous are gas leaks, which are the consequence of electrical emergency processes — primarily leakage current (voltage surges) on structures and parts of the hulls of electric gas stoves and other gas equipment. It is shown that there is the real potential danger in storing in the houses of gas cylinders and, moreover, the use of liquefied gas in technological operations such as installation of stretch ceilings.

Keywords: gas, residential, houses, gas-air mixture, methane, propane, butane, gas explosion, causes, circumstances

References

1. **Statistika** proizvodshchikh vzryvov bytovogo gaza. URL: <https://packo.ru/node/4085> (date of access 29.05.2018).
2. **Cheshko I. D., Plotnikov V. G.** Analiz ehkspertnykh versij voznikoveniya pozhara. V 2-kh knigakh. SPbF FGU VNIPO
3. **Gorbulin V. I.** Vzryv gaza v torgovom pavil'one. Rassledovanie pozharov: Sbornik statej. Vyp. 5. Saint-Petersburg: SPbU GPS, 2016. P. 55—63.

MCHS Rossii. Kn. 1. Sankt-Peterburg, 2010. 708 p.
Kn. 2. Sankt-Peterburg, 2012. 364 p.

Информация

25-я Международная выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты 19—22 марта 2019 Москва, ЦВК "Экспоцентр", Павильоны № 2, 8

В год своего юбилея выставка **Securika Moscow** получит новые возможности для развития, продемонстрирует достижения совместно с участниками предстоящей выставки.

Разделы выставки

Видеонаблюдение	Охрана периметра
Контроль доступа	Противопожарная защита
Сигнализация и оповещение	Автоматизация зданий. Системы "Умный дом"

Контакты: <http://www.securika-moscow.ru>

В. С. Спиридонов, канд. техн. наук, доц., e-mail: spir-vs0346@yandex.ru,
С. Д. Морозов, ст. преп., **О. В. Кирикова**, ст. преп., Московский
государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Обеспечение взрывобезопасности систем газоочистки

Проанализирован состав вентиляционных выбросов промышленных предприятий. Показано, что одновременное присутствие горючих газов и воздуха в вентиляционных выбросах создает опасность их воспламенения с разрушением аппаратов систем газоочистки. Рассмотрены различные технические методы защиты аппаратов систем газоочистки от разрушения при воспламенении очищаемых газов. Проанализирован метод снижения взрывоопасности вентиляционных выбросов путем разбавления их инертными газами. На основе анализа существующих методик расчета нижнего концентрационного предела распространения пламени для комбинированных газообразных топлив, состоящих из горючих и инертных компонентов, получены аналитические зависимости для оценки пожароопасности вентиляционных выбросов. Предложена методика расчета минимального количества инертного газа, подаваемого в вентиляционные выбросы для обеспечения их взрывобезопасности.

Ключевые слова: вентиляционные выбросы, очистка газов, газовые смеси, взрывобезопасность, предел воспламенения, инертные газы, флегматизация

Вентиляционные выбросы промышленных предприятий, поступающие в системы газоочистки, довольно часто представляют собой газоздушные смеси, содержащие горючие газы, такие как водород, оксид углерода, метан и т. п. [1]. Если объемная концентрация горючих компонентов в смеси находится в диапазоне между нижним $I_{\text{нп}}$ и верхним $I_{\text{вп}}$ концентрационными пределами распространения пламени [2], возникает опасность их случайного воспламенения под действием различных внешних факторов. Как правило, скорость распространения пламени в газоздушных смесях недостаточно высока для образования взрывной волны [3], однако быстрое повышение давления газа в результате роста температуры в замкнутой емкости часто приводит к разрушению технологических аппаратов, имеющему взрывной характер.

Максимальное давление, возникающее при воспламенении газоздушной смеси в замкнутой емкости, может быть рассчитано по уравнению [4]:

$$p_{\text{макс}} = p_0 \frac{T_{\text{ад}}(V)n_{\text{к}}}{T_0 n_0}, \quad (1)$$

где p_0 — начальное давление, при котором находится газоздушная смесь, кПа; T_0 — температура исходной газоздушной смеси, К; $T_{\text{ад}}(V)$ — адиабатная температура горения стехиометрической смеси горючего с воздухом при постоянном объеме V , К; n_0 и $n_{\text{к}}$ — число молей вещества в исходной газоздушной смеси и в продуктах сгорания, соответственно.

Обычно концентрации горючих газов в вентиляционных выбросах промышленных предприятий находятся на уровне нижнего концентрационного предела воспламенения и согласно экспериментальным данным [5] температура горения таких бедных газоздушных смесей составляет 1600 ± 100 К. В связи с тем, что очистку газовых выбросов, как правило, проводят при давлениях, близких к атмосферному, величина $p_{\text{макс}}$ при их воспламенении согласно формуле (1) не превышает 0,6...0,8 МПа. Эту особенность учитывают при проектировании аппаратов систем газоочистки, закладывая необходимый запас прочности их конструкции [6].

Для защиты технологических аппаратов от разрушения при воспламенении газоздушных смесей используют различные технические устройства, обеспечивающие либо локализацию очага воспламенения (пламеотсекатели, огнепреградители), либо сброс избыточного давления, возникающего при воспламенении смеси (взрывные клапаны, предохранительные мембраны) [3, 5]. Однако наиболее эффективным способом защиты систем газоочистки является поддержание концентрации горючих компонентов в очищаемых газах на уровне, не превышающем их нижний предел воспламенения.

Для решения этой задачи в очищаемые газы добавляют различные инертные компоненты (N_2 , H_2O , CO_2), не принимающие участие во взаимодействии горючего и окислителя, но понижающие температуру в зоне горения за счет поглощения



выделяющейся теплоты и уменьшающие тем самым скорость распространения пламени. При падении температуры до определенного значения, называемого температурой воспламенения, процесс горения прекращается. Поэтому по физическому принципу воздействия на процесс горения такие газы называют тепловыми флегматизаторами. Роль теплового флегматизатора может также выполнять и атмосферный воздух, если его содержание в очищаемых газах больше стехиометрического.

Значения верхнего и нижнего концентрационных пределов воспламенения в воздухе различных индивидуальных горючих газов при температуре 25 °С приведены в справочной литературе [6, 7]. При этом наблюдается некоторый разброс приводимых данных, что вызвано различием экспериментальных методик их определения [7]. Методики расчета пределов воспламенения в воздухе смесей, образованных только горючими газами, и комбинированных смесей, состоящих из горючих и инертных газов, изложены в работах [4, 7].

Отличительной особенностью вентиляционных выбросов является то, что они уже являются готовыми газоздушными смесями с фиксированным составом и поэтому необходимо лишь установить их способность к самовоспламенению под воздействием каких-либо внешних факторов. Решение этой задачи при непосредственном применении аналитических зависимостей, приведенных в методиках, не представляется возможным, что требует проведения их дополнительных преобразований.

Вентиляционные выбросы, поступающие в системы газоочистки, в общем случае могут представлять собой газоздушные смеси, состав которых определяется соотношением

$$\sum_{i=1}^n r_{Ti} + \sum_{j=1}^m r_{Wj} + r_B = 100, \quad (2)$$

где r_{Ti} , r_{Wj} и r_B — объемные концентрации в выбросах горючих компонентов, инертных компонентов и воздуха, соответственно, %.

При этом концентрации горючих r_{Ti}^* и инертных r_{Wj}^* компонентов в их смеси без воздуха будут определяться следующими соотношениями:

$$r_{Ti}^* = 100r_{Ti}/(100 - r_B), \quad (3)$$

$$r_{Wj}^* = 100r_{Wj}/(100 - r_B). \quad (4)$$

Согласно ГОСТ 12.1.044—89 [4] при выпуске в воздух такой смеси ее нижний концентраци-

онный предел воспламенения может быть рассчитан по формуле

$$l_{nc} = \frac{100}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{r_{Ti}^*}{l_{ni}} - 0,01 \left(\sum_{i=1}^n r_{Ti}^* + \sum_{j=1}^m r_{Wj}^* C_j \right)}, \quad (5)$$

где l_{ni} — нижний концентрационный предел распространения пламени в воздухе для i -го горючего компонента смеси, %; C_j — коэффициент эквивалентности j -го инертного компонента, равный отношению средней объемной теплоемкости j -го инертного компонента к средней объемной теплоемкости сухого воздуха в интервале температур от 0 до 1600 К.

Решая уравнения (3)—(5), после ряда преобразований получим

$$l_{nc} = \frac{\sum_{i=1}^n r_{Ti} + \sum_{j=1}^m r_{Wj}}{\sum_{i=1}^n \frac{r_{Ti}}{l_{ni}} - 0,01 \sum_{j=1}^m r_{Wj} (C_j - 1)}. \quad (6)$$

При отсутствии в вентиляционных выбросах инертных компонентов, когда $r_{Wj} = 0$, формула (6) приобретает вид

$$l_{nc} = \sum_{i=1}^n r_{Ti} / \sum_{i=1}^n \frac{r_{Ti}}{l_{ni}}. \quad (7)$$

Согласно ГОСТ 12.1.044—89 [4] условие взрывобезопасности газоздушных смесей, образованных горючими газами и воздухом, характеризуется соотношением

$$\sum_{i=1}^n r_{Ti} < l_{nc}. \quad (8)$$

Как видно из формулы (7), для вентиляционных выбросов такое соотношение будет выполняться при условии

$$\sum_{i=1}^n \frac{r_{Ti}}{l_{ni}} < 1,0. \quad (9)$$

Для газоздушных смесей, образованных смесью горючих и негорючих компонентов с воздухом, условие взрывобезопасности определяется формулой

$$\sum_{i=1}^n r_{Ti} + \sum_{j=1}^m r_{Wj} < l_{nc}. \quad (10)$$

Соотношение (10) будет выполняться для вентиляционных выбросов, содержащих горючие и негорючие компоненты при условии

$$\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} - 0,01 \left(\sum_{j=1}^m r_{wj} (C_j - 1) \right) < 1,0$$

или

$$\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} < 1,0 + 0,01 \left(\sum_{j=1}^m r_{wj} (C_j - 1) \right).$$

Экспериментально установлено [2], что с повышением температуры газоздушных смесей на каждые 100 °С значение их нижнего концентрационного предела воспламенения l_{HT} понижается на 8...10 %. Для интервала температур 25 °С < T < 150 °С зависимость $l_{HT} = f(T)$ может быть описана формулой [4]

$$l_{HT} = l_{HT25} \left(1 - \frac{T - 25}{1250} \right), \quad (12)$$

где l_{HT25} — нижний концентрационный предел распространения пламени при $T = 25$ °С; T — температура газоздушной смеси, °С.

Как уже отмечалось выше, взрывобезопасность вентиляционных выбросов может быть обеспечена путем разбавления их атмосферным воздухом или инертными газами, что повышает их нижний концентрационный предел распространения пламени. Выбор способа флегматизации выбросов зависит от технологических возможностей и конкретных условий на предприятии. Наиболее простым и дешевым способом флегматизации выбросов является использование атмосферного воздуха. Для расчета необходимого объема атмосферного воздуха, подаваемого во взрывоопасную смесь, используем соотношение (11), записанное в виде

$$\sum_{i=1}^n \frac{V_{ri}}{(V_c + \Delta V_B) l_{hi}} < 1,0 + 0,01 \sum_{j=1}^m \frac{V_{wj} (C_j - 1)}{(V_c + \Delta V_B)}, \quad (13)$$

где V_c — объемный расход вентиляционных выбросов, поступающих на очистку, м³/ч; V_{ri} — объемный расход горючих компонентов в выбросах, м³/ч; V_{wj} — объемный расход инертных компонентов в выбросах, м³/ч; ΔV_B — объемный расход воздуха, подаваемого для флегматизации выбросов, м³/ч.

После ряда преобразований на основании формулы (13) получим соотношение для определения объемного расхода флегматизирующего воздуха

$$\Delta V_B > V_c \left(\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} - 0,01 \sum_{j=1}^m r_{wj} (C_j - 1) - 1 \right). \quad (14)$$

При отсутствии в выбросах инертных компонентов формула (14) принимает вид

$$\Delta V_B > V_c \left(\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} - 1 \right). \quad (15)$$

В случае использования инертного газа для разбавления взрывоопасных вентиляционных выбросов формула (11) может быть преобразована к виду

$$\sum_{i=1}^n \frac{100V_{ri}}{(V_c + \Delta V_\Phi) l_{hi}} < \sum_{j=1}^m \frac{V_j (C_j - 1)}{V_c + \Delta V_\Phi} + \frac{\Delta V_\Phi (C_\Phi - 1)}{V_c + V_\Phi} + 1, \quad (16)$$

где ΔV_Φ — объемный расход инертного газа, м³/ч; C_Φ — коэффициент эквивалентности инертного газа, подаваемого в вентиляционные выбросы.

После преобразований и упрощений на основании уравнения (16) получим

$$\Delta V_\Phi > \frac{V_c}{C_\Phi} \left(\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} - 0,01 \sum_{j=1}^m r_{wj} (C_j - 1) - 1 \right). \quad (17)$$

При отсутствии в выбросах негорючих компонентов соотношение (17) принимает вид

$$\Delta V_\Phi > \frac{V_c}{C_\Phi} \left(\sum_{i=1}^n \frac{r_{ri}}{l_{hi}} - 1 \right). \quad (18)$$

Анализ, проведенный выше, показал, что при наличии в вентиляционных выбросах только горючих компонентов и воздуха, нижний концентрационный предел воспламенения может быть рассчитан по формуле (7), совпадающей с соотношением (47), приведенным в ГОСТ 12.1.044—89 [4]. Наличие в вентиляционных выбросах инертных компонентов снижает их взрывоопасность. При этом флегматизирующее действие инертных компонентов увеличивается с ростом их коэффициентов эквивалентности C_Φ . Наибольшим флегматизирующим действием обладает диоксид углерода, у которого $C_\Phi = 1,59$, наименьшим — азот с $C_\Phi = 0,988$ [4]. Флегматизация вентиляционных выбросов дополнительным количеством воздуха и инертными газами ведет к увеличению объема очищаемого газа, что влияет на габариты системы газоочистки и повышает энергетические затраты на ее эксплуатацию. Согласно соотношениям (17) и (18) прирост объема очищаемой смеси при ее флегматизации инертным газом снижается с ростом коэффициента C_Φ .



Список литературы

1. **Тимонин А. С.** Инженерно-экологический справочник. Т. 1. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. — 917 с.
2. **Щетинков Е. С.** Физика горения газов. — М.: Наука, 1965. — 729 с.
3. **Водяник В. И.** Взрывозащита технологического оборудования. — М.: Химия, 1991. — 256 с.
4. **ГОСТ 12.1.044—89 ССБТ.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

5. **Розловский А. И.** Взрывобезопасность парогазовых систем в технологических процессах. — М.: Химия, 1973. — 172 с.
6. **Смирнов Г. Г., Толчинский А. Р., Кондратьева Т. Ф.** Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств. — Л.: Машиностроение, 1988. — 303 с.
7. **Schroeder V.** Calculation of Flammability and Lower Flammability Limits of Gas Mixtures for Classification Purposes. — Berlin: BAM und PTB, 2016. — 17 p.

V. S. Spiridonov, Senior Lecturer, e-mail: spir-vs0346@yandex.ru,
S. D. Morozov, Senior Lecturer, **O. V. Kirikova**, Senior Lecturer, Bauman Moscow State Technical University

Ensuring Explosion Safety of Systems of Gas Purification

The composition of ventilation emissions of industrial enterprises is analyzed. It is shown that the simultaneous presence of combustible gases and air in the ventilation emissions creates the danger of their ignition with the destruction of gas cleaning systems. Discusses various technical methods of protecting devices of systems of gas purification from destruction during combustion of the cleaned gases. The method of reducing the explosion hazard of ventilation emissions by diluting them with inert gases is analyzed. Based on the analysis of existing methods for calculating the lower concentration limit of flame propagation for combined gaseous fuels consisting of combustible and inert components, analytical dependences for the assessment of fire hazard of ventilation emissions are obtained. A method of calculating the minimum amount of inert gas supplied to the ventilation emissions to ensure their explosion safety is proposed.

Keywords: ventilating emissions, purification of gases, gas mixes, explosion safety, flammability limit, inert gases, phlegmatization

References

1. **Timonin A. S.** Engineering and environmental references. Kaluga: Publishing N. Bochkarevoy, 2003. 917 p.
2. **Shchetinkov E. S.** Gas combustion physics. Moscow: Nauka, 1965. 729 p.
3. **Vodyanik V. I.** Explosion protection of technological equipment. Moscow: Khimiya, 1991. 256 p.
4. **GOST 12.1.044—89** Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination.

5. **Rozlovskiy A. I.** Explosion safety of steam and gas systems in technological processes. Moscow: Khimiya, 1973. 172 p.
6. **Smirnov G. G., Tolchinskiy A. R., Kondrat'eva T. F.** Design of safe devices for chemical and petrochemical industries. Leningrad: Mashinostroenie, 1988. 303 p.
7. **Schroeder V.** Calculation of Flammability and Lower Flammability Limits of Gas Mixtures for Classification Purposes. Berlin: BAM und PTB, 2016. 17 p.

Информация

Выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты

27 февраля — 2 марта 2019
Краснодар, ВКК "Экспоград Юг"

Разделы выставки

Оборудование и аксессуары для систем видеонаблюдения
Оборудование для систем контроля и управления доступом

Оборудование и средства для обеспечения противопожарной защиты
Оборудование для систем сигнализации и оповещения

Контакты: <http://www.securexpo.ru>

УДК 614.89

Т. А. Енютина, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, **Т. А. Кулагина**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры, **С. Г. Марченкова**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, **Т. Н. Патрушева**, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: pat55@mail.ru, **С. К. Петров**, канд. техн. наук, проф. кафедры, Балтийский государственный технический университет "Военмех" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Защитный вкладыш для боевой одежды пожарных

Рассмотрена задача повышения термического сопротивления боевой одежды пожарных с помощью защитного вкладыша от перегрева, являющегося съемной частью одежды пожарного или одним из ее предметов. Представлено устройство с двумя слоями из газонепроницаемого материала с возможностью образования между этими слоями герметичного пространства, заполняемого охлаждающим газом, в частности азотом. Отмечено, что на одном из слоев или на дополнительной подкладке закреплены изготовленные из материала с памятью формы нитинола NiTi пружины, которые раздвигают слои ткани при нагревании и способствуют подаче охлаждающего газа из баллончика, в результате чего образуется щелевое пространство, заполняемое азотом, поступающим из специального баллончика, закрепленного между раздвигаемыми посредством пружин слоями с возможностью его извлечения для заправки азотом. По контуру защитного вкладыша выполнены герметичные швы.

Ключевые слова: боевая одежда пожарных, термическое сопротивление, вкладыш от перегрева, баллончик для газа, пружины, материал с памятью формы

Боевая одежда пожарных (БОП) предназначена для защиты от воздействия воды и теплового излучения, опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ, а также от неблагоприятных климатических воздействий.

Классификация боевой одежды пожарных по степени защиты имеет три уровня [1]. Первый уровень БОП-1 представляет собой индивидуальное средство защиты с различными комплектующими, изготовленными из трудногорючих материалов, способных надежно защитить человека от неблагоприятных внешних воздействий. Второй уровень БОП-2 представляет собой одежду для защиты личного состава подразделений пожарной охраны от повышенных температур, тепловых потоков и неблагоприятных внешних факторов окружающей среды. Третий уровень БОП-3 защищает человека от неблагоприятных и вредных факторов окружающей среды, возникающих во время тушения пожаров и при проведении первоочередных аварийно-спасательных работ.

Существуют и другие конструктивные решения. Например, комплект теплоотражательный ТОК-200 относится к полутяжелому типу

специальной защиты пожарных от повышенной температуры, теплового излучения и других опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении первоочередных аварийно-спасательных работ. Или боевая одежда пожарных БОП-I-C-50, предназначенная для применения в северных регионах. Совершенствование БОП является актуальным направлением.

По требованиям к боевой одежде пожарных необходимо применять материалы и конструкции БОП, обеспечивающие устойчивость к воздействию теплового потока поверхностной плотностью не менее 5 кВт/м^2 в течение 240 с. Кроме того, коэффициент теплопроводности БОП не должен превышать значение $0,06 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Цель исследования — повысить термическое сопротивление БОП путем создания защитного вкладыша от перегрева пожарных в условиях тушения пожара, причем внутри вкладыша создается газовый слой из инертного газа [2]. В устройстве используются элементы конструкции из материала с памятью формы, в частности, нитинола NiTi.

Сплавы на основе NiTi позволяют с большой точностью регулировать диапазон температур от



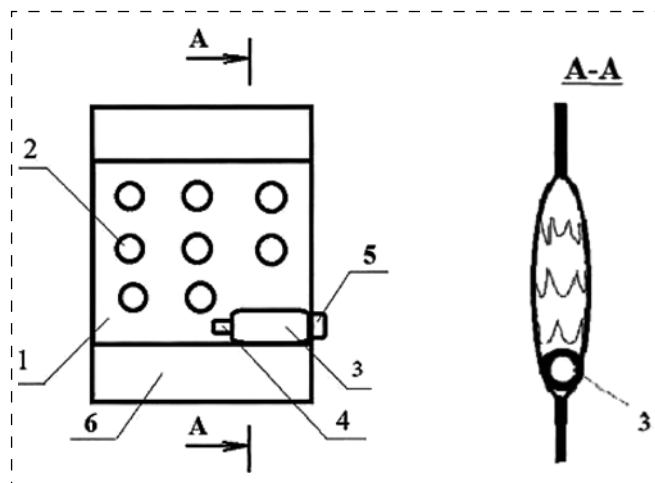
нескольких градусов до десятков градусов, вводя в сплав различные примеси. Кроме того, нитинол удобен в обработке, устойчив к коррозии и обладает отличными физико-механическими характеристиками. Такие материалы широко применяются в различных областях техники. Например, солнечные батареи на некоторых спутниках приводятся в рабочее положение с помощью сплавов с памятью формы, активируемых теплотой солнца.

Защитный вкладыш от перегрева является съемной частью одежды пожарного или одним из ее предметов. Вкладыш изготовлен из многослойного материала, и выполнен с двумя слоями газонепроницаемого материала с возможностью образования между этими слоями герметичного пространства, заполняемого охлаждающим газом — азотом или гелием. При этом на одном из слоев или на дополнительной подкладке закреплены пружины из материала с памятью формы, в частности нитинола, имеющие форму плоских спиралей, которые в изотермических условиях свернуты в круг. В качестве источника охлаждающего газа применен баллончик, снабженный выпускным клапаном с элементом из материала с памятью формы и захватом, причем баллончик закреплен между раздвигаемыми посредством пружин слоями с возможностью его извлечения для заправки газом. При этом по контуру защитного вкладыша выполнены герметичные швы, образующие участок с внутренней сквозной полостью, образованной слоями ткани, в полости герметично установлен упомянутый баллончик, обращенный выпускным клапаном внутрь пространства между слоями, а захватом наружу.

Выпускной клапан установлен в горловине баллончика с возможностью автоматического срабатывания при определенном повышении температуры. Горловина баллончика снабжена внутренним резьбовым отверстием, в котором установлен ниппель с золотником. Снаружи корпус ниппеля закрыт крышкой выпускного клапана, установленной с помощью резьбового соединения, в крышке выполнено выпускное отверстие и закреплена одним концом пружина из нитинола. На другом конце пружины закреплено кольцо с опорным элементом, расположенным в центре кольца, с возможностью взаимодействия с золотником ниппеля и свободного перемещения в корпусе ниппеля.

Продольный разрез защитного вкладыша от перегрева схематично показан на рисунке, где приведен и поперечный разрез АА защитного вкладыша в рабочем положении.

Устройство содержит два слоя газонепроницаемого материала 1, например, из плотной



Продольный разрез защитного вкладыша

хлопчатобумажной ткани. На внутренней стороне одного из слоев материала 1 или на дополнительной подкладке закреплены пружины 2, изготовленные из материала с памятью формы — нитинола. Пружины 2 выполнены в форме плоских спиралей и при температуре окружающей среды свернуты в круг. Для закрепления пружин на ткани могут быть использованы любые известные средства в виде зажимов или термоклея. По контуру защитного вкладыша выполнены герметичные швы, образующие участок с внутренней сквозной полостью, образованной слоями ткани 1, в которой герметично установлен баллончик 3 с азотом, снабженный выпускным клапаном 4, обращенным внутрь пространства между слоями, и захватом 5, обращенным наружу.

В рассматриваемой конструкции вкладыша баллончик 3 с азотом установлен в нижней части защитного вкладыша. С двух противоположных сторон защитный вкладыш снабжен монтажной тканью 6, предназначенной для закрепления защитного вкладыша на одежде с помощью, например текстильных застежек (на рисунке не показаны).

Выпускной клапан баллончика автоматически срабатывает при определенном повышении температуры и осуществляет выпуск азота, находящегося в баллончике под давлением 0,2 МПа. При этом горловина баллончика снабжена внутренним резьбовым отверстием, в котором установлен ниппель с золотником от стандартного автомобильного ниппеля (ГОСТ 8107—75).

Выполнение защитной функции рассматриваемого устройства осуществляется следующим образом. При повышении температуры окружающей среды слои одежды прогреваются и при определенной температуре плоские пружины из нитинола разворачиваются, создавая объемное пространство между слоями защитного вкладыша.

Пружина выпускного клапана также разворачивается из сжатого состояния, перемещая при этом кольцо с опорным элементом, который при взаимодействии с золотником ниппеля оказывает на него давление, в результате чего азот из баллончика через выпускное отверстие в крышке выпускного клапана поступает в пространство между слоями защитного вкладыша и создает дополнительное термическое сопротивление. Для повторного использования баллончик извлекают с помощью захвата из защитного вкладыша, осуществляют заправку баллончика газом и вновь закрепляют в полости защитного вкладыша.

Для заполнения щелевого пространства защитного вкладыша от перегрева нужно было выбрать доступный и дешевый инертный газ, физические свойства которого обеспечивали бы наименьшие значения плотности тепловых потоков и коэффициенты теплопроводности не превышали допустимых значений.

Для наполнения баллончика рассматривались два газа — гелий и азот. Для каждого из них были выполнены расчеты средних по высоте стенки вкладыша коэффициентов теплоотдачи, плотности тепловых потоков и коэффициентов теплопроводности слоев. Физические свойства принимали по справочнику [3]. Анализ результатов расчетов позволил сделать вывод, что величины плотности тепловых потоков значительно ниже максимально допустимого значения — не превышают для азота

10 Вт/м², для гелия 820 Вт/м²; наибольшие значения коэффициентов теплопроводности слоев: для азота — 0,03 Вт/(м·К), для гелия — 0,17 Вт/(м·К). Таким образом, коэффициент теплопроводности слоя с гелием выше допустимого для БОП, поэтому для заполнения баллончика целесообразно применить азот.

Защитный вкладыш от перегрева может быть выполнен любой произвольной формы, например прямоугольной, как показано на рисунке, с возможностью закрепления на боевой одежде в любых местах в качестве дополнительного защитного средства, а также — в форме отдельного защитного жилета.

Таким образом, преимущество защитного вкладыша от перегрева заключается в повышении термического сопротивления одежды и уровня безопасности пожарных при тушении очагов возгорания за счет образования во вкладыше при определенном повышении температуры пространства, заполняемого охлаждающим газом.

Список литературы

1. **Теребнев В. В., Ульянов Н. И., Грачев В. А.** Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение / Под общей ред. В. В. Теребнева. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — 328 с.
2. **Патент** на изобретение № 2553005 от 24.07.2014. Защитный вкладыш от перегрева / Енютина Т. А., Афанасьев В. Е., Терещенко В. М. и др. Опубл. 10.06.2015.
3. **Чиркин В. С.** Теплофизические свойства материалов ядерной техники: Справочник. — М.: Атомиздат, 1968. — 484 с.

T. A. Enyutina, Associate Professor, **T. A. Kulagina**, Professor, **S. G. Marchenkova**, Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, **T. N. Patrusheva**, Professor, e-mail: pat55@mail.ru, **S. K. Petrov**, Professor, Baltic State Technical University "Voenmeh" D. F. Ustinova, Saint-Petersburg

Protective Insert for Clothes for Fireman's Combat Clothing

Fireman's combat clothing (FCC) is designed to protect against dangerous and harmful environmental factors that arise when extinguishing a fire. To increase the thermal resistance of FCC, the authors propose the construction of a protective liner from overheating of clothing inside which a gas layer of an inert gas is created using elements of the construction of a material with a shape memory, in particular, nitinol NiTi. NiTi-based alloys can accurately adjust the temperature range and are implemented in the form of springs that expand the layers of the fabric when heated, and facilitate the supply of cooling gas from the can.

Keywords: fighting clothes of firemen, liner in clothes, cooling gas, springs, material with shape memory, liner design

References

1. **Terebnev V. V., Ulyanov N. I., Grachev V. A.** Fire-technical weapons. Under the general editorship of V. V. Terebnev. The device and application. Moscow: Propaganda Center, 2007. 328 p.

2. **Patent** for invention No. 2553005 of 24/07/2014. Protective liner from overheating. Enyutina T. A., Afanasyev V. E., Tereshchenko V. M. et al. 06/10/2015.
3. **Chirkin V. S.** Thermophysical properties of nuclear engineering materials. Directory. Moscow: Atomizdat, 1968. 484 p.

УДК 621.039.743

В. Д. Гуськов, д-р техн. наук, зам. генерального конструктора, e-mail: kk1@kbsm.su, АО "Конструкторское бюро специального машиностроения", Санкт-Петербург

Опыт работы КБ специального машиностроения по защите окружающей среды от радиационного загрязнения отработавшим ядерным топливом ядерных объектов

Изложен опыт работы Ленинградского конструкторского бюро специального машиностроения совместно с созданной кооперацией организаций-соисполнителей и заводов-изготовителей по созданию технологии сухого контейнерного хранения и транспортирования отработанного ядерного топлива объектов атомной энергетики (атомных электростанций, атомных подводных лодок и ледоколов) на основе металлобетонных контейнеров. Показаны масштабы реализации этой технологии в национальных и международных проектах, позволившие решить важнейшие экологические и социально-экономические задачи, поставленные в рамках федеральных целевых программ России и трехсторонней американо-российско-норвежской программы сотрудничества по вопросам охраны окружающей среды в Арктике (программа "АМЕС").

Ключевые слова: МБК — металлобетонный контейнер, АЭС — атомная электростанция, АПЛ — атомная подводная лодка, ОЯТ — отработавшее ядерное топливо

Одним из основных факторов, определяющих уровень безопасности жизнедеятельности людей в мире, является экологическая обстановка. Особенно остро эта проблема связана с возникновением опасности радиационного загрязнения окружающей среды, в частности от излучения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) ядерных объектов различного назначения.

Так, еще в конце 90-х годов прошлого столетия сложившаяся в России ситуация из-за переполнения "мокрых" бассейнов АЭС с реакторами РБМК-1000 загруженными в них ОЯТ, массового вывода из эксплуатации атомных подводных лодок (АПЛ) с невыгруженным ОЯТ, накопленным неперерабатываемым топливом реакторов атомного ледокольного флота превратилась в техническую, социально-экономическую и организационную проблему государственного и международного масштаба и создала потенциально опасную экологическую обстановку в России и в ближайших районах соседних государств, что вызвало беспокойство во всем мире.

На Ленинградской атомной станции скопились тысячи тонн ОЯТ, которое не подлежало переработке и хранилось в пенах с водой, размещенных в приреакторном бассейне выдержки (хранилище). Проектная мощность хранилища уже была исчерпана и использовалась уплотненная

компоновка хранения ОЯТ. Истекал и проектный срок (30 лет) хранения ОЯТ в пенах. Аналогичная ситуация складывалась на Курской и Смоленской АЭС. Перспектива вывоза ОЯТ с АЭС на горно-химический комбинат (ГХК) для захоронения была только обозначена.

Одновременно в Северо-Западном и Дальневосточном регионах страны скопилось большое количество подлежащих утилизации (выведенных по договору СНВ из состава Военно-Морского Флота (ВМФ) атомных подводных лодок (АПЛ) и надводных кораблей (НК) с атомными энергетическими установками).

Выведенные из эксплуатации атомные подводные лодки (в количестве 150 единиц) лежали на берегу в Северо-Западном и Дальневосточном регионах страны и не смогли быть утилизированы из-за невыгруженности из них ОЯТ.

Массовый вывод из эксплуатации АПЛ вызвал появление нерегламентированной стадии жизненного цикла кораблей ВМФ с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), связанной с длительным хранением их с невыгруженным ядерным топливом.

Главным фактором, ограничившим количество выгрузок активных зон судовых реакторов, стало стопроцентное заполнение хранилищ ОЯТ береговых и плавучих технических баз российских

флотов на Севере (объект "09" г. Северодвинск) и на Дальнем Востоке (ФГУП "ДальРАО", Приморский край, бухта Сысоева) и невозможность вывоза этого ядерного топлива в должном количестве на ПО "Маяк" на переработку. Основная ядерная и радиационная опасность от российских АПЛ как для регионов России, так и для близлежащих стран, состояла именно в высокообогащенном ядерном топливе, находящемся на их борту.

Ситуация требовала скорейшей выгрузки ОЯТ из АПЛ и НК и вывоза ОЯТ на переработку или постановки его на временное хранение с целью обеспечения ядерной и радиационной безопасности утилизируемых объектов и выгруженного ОЯТ, обеспечения экологической безопасности пунктов списания АПЛ и НК и регионов в целом.

Аналогичная ситуация сложилась с ОЯТ (с уран-циркониевой топливной композицией) атомного ледокольного флота. Топливные сборки ОЯТ были установлены в герметичные чехлы и помещены на временное хранение в хранилище плавтехбазы (ПТБ) "Лотта" Мурманского морского пароходства. ОЯТ с этой топливной композицией не входит в номенклатуру ОЯТ, перерабатываемого на ФГУП "ПО "Маяк". Длительное хранение ОЯТ в хранилище на плаву и неиспользование плавбазы ОАО "ММП" для вывоза ОЯТ также создавало потенциально опасную экологическую обстановку.

Необходимо было найти решение этих проблем. КБ специального машиностроения ("КБСМ"), используя опыт по созданию высокопрочных шахтных металлобетонных сооружений пусковых установок стратегических ракетных комплексов, вышло совместно с Ленинградской АЭС и ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" с предложением в Минатом России о создании технологии "сухого" хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива в металлобетонных контейнерах.

Предложение было поддержано Министром атомной промышленности Михайловым В. В. и в соответствии с его Приказом от 24.04.1995 г. № 142 на "КБСМ" была возложена роль головной организации по реализации этой технологии. Одновременно перед "КБСМ" Минатомом России была поставлена задача по созданию МБК для ОЯТ атомных подводных лодок и надводных кораблей ВМФ с ЯЭУ с целью выгрузки ОЯТ из лежащих на берегу АПЛ, отправки их на ФГУП "ПО "Маяк" для переработки и обеспечения возможности утилизации АПЛ.

В дальнейшем положительный опыт создания транспортного упаковочного комплекса (ТУК) на основе МБК для ЛАЭС и ВМФ был распространен на создание технологии "сухого"

хранения для Курской, Смоленской АЭС, атомного ледокольного флота, для АЭС в Республике Казахстан.

Все эти работы были осуществлены в рамках Федеральных целевых программ "Обращение с радиоактивными отходами, отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996—2005 гг.", "Комплексная утилизация подводных атомных лодок", Постановления Правительства РФ от 28.03.1998 г. № 518 "О мерах по ускорению утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками, выведенных из состава Военно-Морского Флота и экологической реабилитации радиационноопасных объектов Военно-Морского Флота", международной программы сотрудничества в военной области по вопросам окружающей среды в Арктике "АМЕС" 1.1 "Разработка и изготовление опытного образца транспортного контейнера временного хранения отработавшего ядерного топлива Военно-Морского Флота", целого ряда других директивных документов и комплексных планов мероприятий, утвержденных руководством Минатома РФ и Главным техническим управлением ВМФ России.

В результате проектно-конструкторских, научно-исследовательских, и экспериментальных работ, выполненных "КБСМ" совместно с созданной кооперацией организаций — исполнителей и заводов-изготовителей: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" (г. Саров) — научным руководителем проектов, 26 ЦНИИ МО, ЦНИИ КМ "Прометей", ОАО "Ижорские заводы", ОАО "ПО "Севмаш", ФГУП "ГХК" (Горнохимический комбинат в г. Красноярске) и рядом других, при организационно-техническом руководстве Минатома России были созданы (см. рисунок на 3-й стр. обложки):

1. Семейство двухцелевых металлобетонных контейнеров для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива (ОЯТ):

- реакторов РБМК-1000 Ленинградской, Курской и Смоленской атомных станций (ТУК-109). Изготовлено 135 ТУК. Российский проект, позволивший приступить к выгрузке ОЯТ из переполненных хранилищ этих АЭС в ТУК-109 и вывозу ОЯТ с АЭС на долговременное хранение на Горнохимический комбинат Росатома, повысить радиационную и ядерную безопасность этих АЭС и продлить срок их эксплуатации;
- реакторов атомных энергетических установок подводных лодок ВМФ (ТУК-108/1). Изготовлено 106 ТУК. Международный проект. Этот проект обеспечил выгрузку, временное хранение и вывоз на переработку ОЯТ АПЛ, выведенных из эксплуатации по договору СНВ,



а также обеспечил возможность утилизации этих АПЛ;

- реакторов атомного ледокольного флота (ТУК-120). Изготовлено 50 ТУК. Международный проект. Реализация проекта позволила выгрузить ОЯТ из плавтехбазы "Лотта", загрузить его в ТУК-120 и разместить на долговременное хранение в хранилище ОЯТ в г. Мурманске;
- реактора АЭС в г. Актау (ТУК-123, республика Казахстан). Изготовлено 60 ТУК. Международный проект. Этот проект обеспечил вывоз ОЯТ из г. Актау на площадку долговременного хранения Байкал-1.

2. Металлобетонный контейнер для хранения твердых радиоактивных отходов, образующихся при разделке ОЯТ перед его загрузкой (ТУК-121). Изготовлено 27 ТУК. Российский проект.

3. Уникальный стенд СМ-Э323 для испытаний МБК массой до 140 т в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ бросками с 9 м на абсолютно жесткое основание и с высоты 1 м на штырь, а также испытаний на пожар. Стенд был разработан, изготовлен, смонтирован на испытательной станции "КБСМ" и использован для испытаний всех созданных МБК.

4. Стенд для контроля целостности радиационной защиты и качества бетонного заполнения (на заводах-изготовителях) путем просвечивания корпуса МБК источником γ -излучения.

5. Более 120 единиц технологического оборудования для обращения со всеми видами МБК на заводах-изготовителях и объектах эксплуатации.

В итоге:

1. С первого января 2015 г. комплекс систем сухого хранения и обращения с ОЯТ на Ленинградской АЭС введен в промышленную эксплуатацию. По данным Ленинградской АЭС на август 2018 г. с Ленинградской АЭС на хранение отправлено 26 составов (195 ТУК-109) на ФГУП "ГХК" и 4 состава (21 ТУК-109) на ФГУП "ПО "Маяк" с отработанными тепловыделяющими сборками РБМК-1000, с Курской АЭС — 22 рейса (183 ТУК-109) на ФГУП "ГХК". Загрузка первого ТУК-109 на Смоленской АЭС была запланирована на февраль 2018 г. Максимальное количество рейсов, выполненных одним ТУК, — до 6 рейсов.

2. Все 150 атомных подводных лодок утилизированы благодаря выгрузке из них ОЯТ в МБК ТУК-108/1 и отправке их на ФГУП "Маяк" на переработку.

3. ТУК-120 с загруженным ОЯТ атомного ледокольного флота поставлены на длительное хранение в хранилище в г. Мурманске.

4. ТУК-123 с ОЯТ АЭС в г. Актау (республика Казахстан) поставлены на длительное хранение на площадку долговременного хранения НЯЦ РК "Байкал-1".

Решены важнейшие стратегические, экологические и социально-экономические задачи, поставленные в рамках Федеральных целевых программ России:

- в государственном масштабе — по ускорению темпов вывоза ОЯТ на переработку или длительное хранение, что позволило продлить сроки эксплуатации АЭС и утилизировать выведенные из эксплуатации АПЛ;
- в международном масштабе — по ускорению создания безопасных в экологическом отношении условий жизнедеятельности населения как способа реализации конституционных прав граждан России и мирового сообщества на жизнь в экологически благоприятной окружающей среде, существенно снизить угрозу ее радиационного заражения.

Получившие высокую оценку Федерального Агентства по Атомной энергии России, Министерства Обороны России (ГТУ ВМФ и Управления экологической безопасности Вооруженных сил России), Министерства энергетики США, Комитета по атомной энергии Республики Казахстан, МАГАТЭ, руководства трехсторонней американо-российско-норвежской программы сотрудничества в военной области по вопросам охраны окружающей среды в Арктике (Программа "АМЕС"), работы по созданию металлобетонных контейнеров, технологии хранения и транспортирования в них ОЯТ по масштабу внедрения, новизне технических решений, объему научно-исследовательских и расчетно-теоретических работ не имеют равных в России и в мире.

О новизне и огромном значении работ свидетельствуют:

- большой объем выполненных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований, созданных математических моделей и соответствующего программного обеспечения, более 70 публикаций в различных отечественных и международных журналах;
- более 50 патентов Российской Федерации, выданных на МБК и оборудование для их эксплуатации;
- дипломы Всемирного Салона изобретений, научных исследований и инноваций "Брюссель-Эврика" с золотой и тремя серебряными медалями (1996, 1999, 2000 и 2002 гг.);
- целый ряд дипломов с вручением золотых и серебряных медалей за высокий профессионализм и инновационный характер проектов, представленных на выставках, проводившихся в России.

Выполненные "КБСМ", совместно с кооперацией предприятий-соисполнителей и

заводов-изготовителей работы означают начало успешной реализации положений концепции обращения с ОЯТ в России, обеспечения безопасного функционирования атомной энергетики, в том числе предотвращения возможности возникновения аварий, аналогичных АЭС "Фукусима-1".

Список литературы

1. **Металлобетонные контейнеры** для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива: история создания российских транспортных упаковочных комплектов на основе МБК. СПб.: Русская коллекция, 2012.
2. **Металлобетонные контейнеры** для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива: итоги работ по созданию и эксплуатации транспортных упаковочных комплектов на основе МБК. СПб.: СПбГЭУ, 2015.

V. D. Guskov, Deputy General Designer, e-mail: kk1@kbsm.su, JSC "Design Office of Special Mechanical Engineering", Saint-Petersburg

Experience KB Special Machinery for the Protection of the Environment from Radioactive Contamination of Spent Nuclear Fuel at Nuclear Facilities

The article states the results of work by the Konstruktorskoye Byuro Spetsialnogo Mashinostroyeniya jointly with cooperation of companies-subcontractors and plants-manufacturers to develop technology of dry cask storage and transportation of the spent nuclear fuel of nuclear power facilities (nuclear power plants, nuclear-powered submarines and icebreakers) on the base of the metal-and-concrete casks.

Implementation scope of this technology in national and international projects that allowed to solve the important ecological and social-economical problems stated within the frames of the Federal target-oriented programs of Russia and tree-sided American-Russian-Norwegian Arctic Military Environmental Cooperation (Programme AMEC) is shown.

Keywords: MCC — metal-and-concrete cask, NPP — nuclear power plant, NPS — nuclear-powered submarine, SNF — spent nuclear fuel

References

1. **Металлобетонные контейнеры** для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива: история создания российских транспортных упаковочных комплектов на основе МБК. Saint-Petersburg: Russkaja kollekcija, 2012.
2. **Металлобетонные контейнеры** для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива: итоги работ по созданию и эксплуатации транспортных упаковочных комплектов на основе МБК. Saint-Petersburg: SPbGJeU, 2015.

Информация

21-й Сибирский промышленно-инновационный форум "ПРОМТЕХЭКСПО"

г. Омск 20—22 марта 2019 г.

Основные тематические разделы:

- ГАЗНЕФТЕХИМ
- АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА, ИЗМЕРЕНИЯ
- МАШИНОСТРОЕНИЕ
- МЕТАЛООБРАБОТКА
- СВАРКА
- ЭНЕРГОСИБ. СИБМАШТЭК
- ИНЭКСПО. МЕТРОЛОГИЯ

Контакты: www.intersib.ru

УДК 614.8

К. Р. Малаян, канд. техн. наук, доц., проф., e-mail: karlonem@mail.ru,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Роль образования и науки в решении проблем безопасности и охраны окружающей среды

Рассмотрено состояние образования в целом и в области безопасности в частности, а также науки как производной от образования, которые в силу принятия непродуманных решений не в полной мере реализуют заложенный в них потенциал. Предлагаются меры для улучшения ситуации в сфере безопасности и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: образование, наука, безопасность, охрана окружающей среды, техносферная безопасность, охрана труда, промышленная безопасность

Введение

Статья подготовлена по материалам прошедшей в Санкт-Петербурге Международной научно-практической конференции "Белые ночи—2018", посвященной 25-летию Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).

На конференции обсуждались вопросы о состоянии и роли образования и науки в решении актуальных проблем безопасности и экологии.

Актуальные проблемы высшего профессионального и среднего образования

Перманентные изменения в системе российского образования серьезно затрагивают цели и задачи самого образовательного процесса. Это касается прежде всего высшего образования с пресловутой Болонской конвенцией, которую российские либералы, стоявшие у власти, взяли на вооружение, нанеся серьезный удар по инженерному образованию, переведя его в бакалавриат и магистратуру, что уместно для гуманитариев, экономистов и разных менеджеров, которые других технических устройств, кроме компьютера, в процессе учебы, да и после нее не знают.

Уровень образования "специалист" сохранился лишь для оборонных профилей, где специалистам со степенью бакалавра делать нечего в проектно-конструкторской, технологической и иной производственной деятельности.

А кузницу подготовки научных кадров — традиционную аспирантуру наши законодатели ввели в категорию многоуровневого образования,

обкорнав конечный результат — защиту диссертации. Как заметил на XI съезде Российского союза ректоров президент России В. В. Путин, только 14 % аспирантов выходят на защиту своевременно. Одна из причин этого явления очевидна: нет большой науки в вузах, нет и диссертаций.

Не меньший урон нанесен нашему среднему образованию, перенацеленному в старших классах на подготовку к заимствованному опять же с Запада — ЕГЭ. Системное образование у нас как в средней, так и в высшей школе во многом перевели на тестирование, которое не развивает творческое мышление и может быть использовано при больших потоках в качестве промежуточного контроля.

Методически неверно стремление перевести образовательный процесс в высшей школе в виртуальное пространство, делая основную ставку на дистанционное, т. е. на заочное обучение, когда усвоение практических навыков становится бесконтрольным, а процесс образования заменяется натаскиванием на тесты. Вместо живого общения с учащимися, глядя глаза в глаза, из образовательного процесса выводится воспитание, являющееся важнейшей составляющей становления человека-специалиста, чью черепную коробку надо наполнить не только необходимой бесчувственной информацией, но влить прежде всего в его душу светлые, добрые чувства.

Вопросы обеспечения безопасности с появлением таких выпускников будут только обостряться. Характерно мнение директора образовательных программ "Организации экономического сотрудничества и развития" Андреаса Шляйхера, который отметил, что "внедрение интернета и компьютеризация школ породили

слишком много тщетных надежд, в то время как ни в одной стране широкое использование компьютеров не привело к росту успеваемости" [1].

Недостатки образования в области безопасности жизнедеятельности

Следует отметить, что состояние современного образовательного процесса в области безопасности жизнедеятельности (БЖД) и экологии можно оценить как тревожное, отсутствуют непрерывность и системность образования. Содержание школьной дисциплины ОБЖ меняется в очередной раз и не в лучшую сторону, наблюдается существенное сокращение часов дисциплины БЖД в высшей школе, перевод изучения ее во многих вузах, в том числе технического направления, на младшие курсы, в частности первый, что недопустимо с точки зрения освоения вопросов безопасности без знания основ электротехники, виброакустики, механики, технологических процессов. Продолжается, к сожалению, нелепая ситуация, когда в ряде вузов, особенно гуманитарного и экономического профилей, под дисциплиной "Безопасность жизнедеятельности" понимают "Защиту в чрезвычайных ситуациях", что реализуется в образовательной практике на протяжении многих лет, а в последнее время студентам вместо дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" стали преподавать курс "Оказание первой помощи".

Сложившееся положение с образованием в области безопасности деятельности во многом объясняется позицией профильного министерства, которое до середины 2000-х годов управляло образовательным процессом централизованно, однако в дальнейшем решение вопросов безопасности было передано вузам, что негативно сказалось на качестве обучения, а это связано, как уже указывалось, с сокращением учебных часов, переводом дисциплины на младшие курсы, отказом от раздела безопасности в выпускных квалификационных работах, игнорированием в дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" вопросов безопасности труда на производстве и другими негативными последствиями.

Мешает развитию данной дисциплины позиция РАН, РАО, Минтруда и других ведомств, которые не участвуют в решении общих проблем образования в области безопасности жизнедеятельности. Образовательный процесс в этой среде в масштабах страны осуществляется, как отмечалось, бессистемно, ведомства плохо взаимодействуют между собой, нет координационного центра.

Ненаучные решения в сфере безопасности

Наука, являющаяся производной от образования, не может вносить достойный вклад в развитие нашей экономики, в том числе из-за уровня кадров, подготовленных не по отечественной системе, а согласно Болонской конвенции. Наши успехи в обороноспособности базируются на советском наследии, немаловажным фактором которого является подготовка кадров высшего образования с квалификацией инженера. К сожалению, многие российские ведомства возглавляют экономисты и менеджеры, не знающие реального производства, что несомненно, сказывается на принятии не эффективных, научно не обоснованных решений.

Ненаучные подходы приводят к субъективным, необоснованным решениям в самых разных сферах экономики. Нарушения принципа приоритетности науки, которые проявились при модернизации законодательства в области безопасности труда, чреватые серьезными последствиями для объективной оценки состояния безопасности во всех секторах экономики, для сохранения здоровья трудоспособного населения.

Примером ненаучного волевого подхода могут служить Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 "О специальной оценке условий труда" [1] и методика проведения СОУТ Минтруда России [2], полностью исключившие из рассмотрения травмоопасные факторы, являющиеся основной причиной несчастных случаев и гибели людей на производстве, произвольно устранившие одни факторы и установившие ненаучные, противоречащие действующим санитарным нормам значения для других факторов (световой среды, шума, микроклимата и т. д.) [4].

Еще один поспешно принятый документ — постановление Правительства РФ № 806 от 17.06.2016 г. [5], согласно которому введен риск-ориентированный подход к организации контрольно-надзорной деятельности в сфере безопасности. Никакого научного обоснования этот подход не имеет. Предлагаемая дискретная система контроля вместо перманентной противоречит Конвенции МОТ № 81 от 11.07.1947 г. [4], которая ратифицирована Россией в 1998 г. По данным Роструда, в России насчитывается 8 млн хозяйствующих объектов и только 2 млн из них будут подвергаться надзору и то через 2—3 года. Это прямой путь к трагедиям, подобным произошедшей в Кемерово.

Выборочный учет Росстатом производственного травматизма, который ведется с середины 1990-х годов, совместно с массовым сокрытием несчастных случаев и профзаболеваний дает искаженное представление о состоянии условий и



охраны труда на производстве, особенно после введения специальной оценки условий труда.

Процесс массового изменения нормативного законодательства опять без какого-либо научного обоснования ведет к небезопасным коллизиям. Заметим, что в стране нет ни одного бюджетного государственного института по охране труда. В таких условиях невозможно обеспечить необходимое качество образования. Тем более Минобрнауки России за годы, прошедшие после приказа Госкомобразования СССР № 473 от 9.07.1990 г. [7], не издало ни одного документа по существу образования и обучения в области безопасности.

На этом критический анализ состояния образования и науки можно завершить, чтобы перейти к предложениям по решению конкретных задач безопасности и охраны окружающей среды (экологии).

Предложения по решению некоторых проблем безопасности и экологии

1. Обратиться в Государственную Думу с предложением отменить Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 г. "О специальной оценке условий труда", как противоречащий научным требованиям.

2. Обратиться в Правительство Российской Федерации с предложениями, перечисленными ниже.

- Оперативно выработать меры по обеспечению объективного расследования и учета всех произошедших на производстве несчастных случаев, имея в виду, что без этого невозможна разработка какой-либо убедительной программы снижения производственного травматизма.
- Учитывая опыт России и других стран, подтверждающих целесообразность наличия на предприятии специалистов по охране труда, имеющих профильное высшее техническое образование, при этом не отрицая роль и значение представителей профсоюзов, обеспечивать в вузах подготовку именно на уровне специалитета, учитывая особое значение работы специалиста по охране труда, прямо связанной с обеспечением жизни и здоровья людей.
- Для достижения максимального снижения существующих профессиональных рисков на производстве разрабатывать и обеспечивать предприятия приемлемыми практическими руководствами по обеспечению оптимального программно-целевого планирования мероприятий по охране труда с учетом имеющихся возможностей финансирования.
- Учитывая, что введение в систему промышленной безопасности опасных производственных

объектов (ОПО) риск-ориентированного подхода с соответствующей классу опасности периодичностью проверки вывело из-под контроля состояние наиболее массовых ОПО с использованием грузоподъемных кранов, котлов и сосудов под давлением, за эксплуатацию которых отвечают предприятия, необходимо найти приемлемую форму и периодичность контроля.

- Учитывая, что экспертиза технических устройств, зданий и сооружений часто позволяет предотвращать аварии, когда эксперт обнаруживает дефекты, которые могут развиваться в аварийные, и сложность новой системы аттестации экспертов, разрешить замену экспертизы промышленной безопасности части технических устройств и зданий (например, крановой техники, котлов и сосудов под давлением) проведением диагностики силами экспертных организаций без предоставления заключений в Ростехнадзор.
- Принять на федеральном уровне комплексную программу по коренному улучшению обращения с отходами. Сжигание твердых бытовых (коммунальных) отходов является небезопасным для окружающей среды. В крупных городах (мегаполисах) создавать кластеры по переработке отходов. При сборе разделять их по фракциям: стекло, пластик, бытовой мусор, как это давно делается в странах Евросоюза.
- Прекратить сбросы канализационных и прочих грязных стоков в водоемы. Во всех городах федерального подчинения и областных центрах строить современные очистные сооружения. Очищенные стоки не сбрасывать в водоемы, а использовать для технических нужд населенного пункта.
- Усилить борьбу с лесными пожарами, для чего необходимо увеличить финансирование и структуру управления лесным хозяйством на уровне лесничеств. Оснастить районные и участковые лесничества современными техническими средствами по обнаружению и тушению пожаров.
- Правительству РФ способствовать развитию общественных организаций страны по охране окружающей среды, например, таких как "Экологический союз", "Зеленые" и др., и эффективно реагировать на их замечания и предложения.
- Поддержать научную концепцию экопрофилактики как новое направление в охране здоровья населения.
- Российской Федерации включиться в работу независимой Международной организации (GEN) по экологической маркировке продукции, в том числе продовольственной.

3. Обратиться в Минтруд России с предложениями:

- инициировать совместно с профильными ведомствами воссоздание Межведомственного совета по охране труда;
- создать Национальный институт по охране труда, финансирование которого должно обеспечиваться из средств ФСС; могут привлекаться также средства крупных компаний, если по их заказам выполняются конкретные разработки.

4. Обратиться в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации с предложениями:

1. Вернуть подготовку кадров высшего образования по направлению 20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство" с квалификацией "Специалист".

2. Совместно с Минтрудом России ускорить принятие нового нормативного правового акта, регулирующего обучение по охране труда для всех категорий работников.

3. Совместно с ФУМО по направлению 20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство":

- Разработать и принять Концепцию о непрерывном образовании в области безопасности деятельности;
- Актуализировать ФГОС по направлению "Техносферная безопасность" в соответствии с образовательными стандартами и с учетом профессиональных требований.
- Ускорить подготовку и принятие примерной программы по федеральной обще-

профессиональной дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" в соответствии с современными требованиями.

- Рекомендовать вузам до принятия Министерством решения о подготовке специалистов по направлению 20.00.00 ввести на последнем курсе бакалавриата учебную дисциплину "Безопасность труда".

Список литературы

1. **Учитель без компьютера** — динозавр. — "Комсомольская правда" (еженедельная) от 16—23 мая 2018/20-Т (№ 26828-т).
2. **Федеральный закон РФ** от 28.12.2013 № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".
3. **Приказ** Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. № 33н "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о производстве специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению".
4. **Специальная оценка** условий труда: критический анализ / К. Р. Малаян, В. В. Милохов, В. М. Минько, О. Н. Русак и др. // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 12. — С. 3—17.
5. **Постановление Правительства РФ** № 806 от 17.06.2016 "О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации".
6. Конвенция Международной организации труда № 81 от 11.07.1947 г. "Об инспекции труда в промышленности и торговле", ратифицирована Федеральным законом РФ от 11.04.1998 г. № 58-ФЗ.
7. Приказ Госкомобразования СССР № 473 от 9.07.1990 г. "О первоочередных мерах по перестройке образования по вопросам охраны труда и гражданской обороны".

K. R. Malayan, Professor, e-mail: karlonem@mail.ru, Petr the Great, Saint-Petersburg Polytechnical University

The Role of Education and Science in Solving Problems of Safety and Environmental Protection

Critical is the state of education in general and in the area of security in particular, as well as science as a derivative of education, when, due to the adoption of ill — considered decisions, does not fully realize the potential inherent in them. Measures are proposed to improve the situation in the sphere of security and environmental protection.

Keywords: education, the science, safety, environmental protection, technospheric safety, occupational safety and health, industrial safety

References

1. **Uchitel' bez kompjutera** — dinovavr. — "Komsomol'skaya pravda" (ezhenedel'naya) ot 16—23 maya 2018/20-t (No. 26828-t).
2. **Federal'nyj zakon RF** ot 28.12.2013 № 426-FZ "O spetsial'noj otsenke uslovij truda".
3. **Prkaz** Ministerstva truda i sotsial'noj zashchity RF ot 24 yanvarya 2014 g. No. 33n "Ob utverzhdenii Metodiki provedeniya spetsial'noi otsenki uslovij truda, klassifikatora vrednykh i (ili) opasnykh proizvodstvennykh faktorov, formy otchjota o provedenii spetsial'noj otsenki uslovij truda po ejo zapolneniju".
4. **Spetsial'naya otsenka** uslovij truda; Kriticheskij analiz. K. R. Malayan, V. V. Mylokhov, V. M. Myn'ko, O. N. Ru-

sak i dr. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014. No. 12. P. 3—17.

5. **Postanovlenije Pravitel'stva RF** No. 806 ot 17.06.2016 "O primenenii risk-orientirovannogo podkhoda pri organizatsii otdel'nykh vidov gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) I vnesenij izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijkoj Federatsii.
6. **Konvetsiya** Mezhdunarodnoy organizatsii truda No. 81 ot 11.07.1947 g. "Ob inspektsii truda v promyshlennosti i trgovle", ratifitsirovan Federal'nyim Zakonom RF ot 11.04.1998 g. No. 58-FZ.
7. **Prkaz** Goskomobrazovanija SSSR No. 473 ot 9.07.1990 g. "O pervoocherednyh merah no perestrojke obrazovanija po voprosam ohrany trudo i grazhdanskoj oborony".

**Указатель статей, опубликованных в журнале
"Безопасность жизнедеятельности" в 2018 году**

**Index of Articles Published in the Journal
"Life Safety" in 2018**

ОХРАНА ТРУДА

- Аблязов Н. Р.** Динамика уровня травматизма и проблемы охраны труда на строительных предприятиях № 11
- Алимов Н. П., Готлиб Я. Г.** Сертификация работ по охране труда в организациях на современном этапе № 4
- Бобович Б. Б., Гарбуз Я. А.** Травматизм в сельском хозяйстве и его профилактика № 4
- Глебова Е. В., Волохина А. Т., Иванова М. В., Коробов А. В.** Снижение производственного травматизма на предприятиях топливно-энергетического комплекса путем проведения поведенческого аудита безопасности № 8
- Губайдулина А. Р., Федосов А. В., Шарипова А. В.** Организация рабочего места лаборанта химического анализа в испытательной лаборатории № 9
- Жернов Ю. В., Воробьев Д. В., Рязанова О. Ю.** Санитарно-гигиеническое состояние условий труда и профессиональной заболеваемости на промышленных предприятиях Самарской области № 11
- Лозбин А. С., Моисеев Ю. Б., Рыженков С. П.** Оценка защищенности бронированных машин при воздействии обычных средств поражения № 5
- Минаева И. А., Смирнов М. И.** Использование дополнительных акустических показателей при оценке условий труда работников нефтегазовой отрасли № 12
- Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю.** Совершенствование техники и технологии очистки воздуха от вредных примесей при локальной защите оператора мобильных и стационарных объектов № 2
- Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю.** Энергосберегающая защита оператора от воздействия вредных факторов при выполнении паяльно-сварочных работ в помещениях ограниченного объема № 12
- Мурзинов В. Л., Манохин В. Я., Головина Е. И.** Модель гранулометрического состава пыли от дробеструйных установок литейного производства № 2
- Русак О. Н.** Естественнонаучная концепция безопасности деятельности № 11
- Русак О. Н.** Об основах управления безопасностью деятельности № 8

- Семенцов В. Н., Иванов И. В., Макеев Б. А.** Порядок проведения экспертных исследований несчастных случаев при водолазных погружениях № 2
- Сугак Е. Б.** К вопросу об экономической целесообразности мероприятий по охране труда № 5
- Сысоева Е. А., Подольная Н. Н.** Нормы искусственного освещения: российский и европейский опыт № 7
- Таваров С. Ш., Сидоров А. И., Кудряшов А. В., Калинина А. С.** Мероприятия по защите линейного персонала от воздействия электрических полей с учетом условий Республики Таджикистан № 8

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Кузьмин С. А., Боев М. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К.** Медико-демографическая характеристика юношей допризывного возраста в субъекте Российской Федерации (на примере Оренбургской области) № 1
- Остапенко О. В., Аблязов Н. Р.** Влияние социально-психологического климата на здоровье человека № 1

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Валеев Т. К., Сулейманов Р. А., Бактыбаева З. Б., Рахматуллин Н. Р., Давлетнуров Н. Х., Иванов Д. Е., Спиринов В. Ф.** Эколого-гигиеническая оценка влияния горнорудной промышленности на качество окружающей среды и здоровье населения № 5
- Гарипова Р. В., Берхеева З. М.** Анализ профессиональной заболеваемости работников литейного завода ПАО "КАМАЗ" № 8
- Ермолаева В. А.** Исследование уровня содержания нитратов в растительной продукции № 6
- Каверзнева Т. Т., Носов В. Н.** Экспериментально-теоретическое моделирование упругих свойств тканевых материалов спасательных тентов № 7
- Канев Н. Г.** Вибрационное воздействие на человека в жилых домах от движения рельсового транспорта и особенности его нормирования № 11
- Касаткина Е. А., Шумилов О. И., Храмов А. В., Канатъев А. Г.** Факторы образования "городских островов тепла" в Заполярье № 7

- Кондратьева О. Е., Локтионов О. А., Гапо Е. Г., Королев И. В., Боровкова А. М., Чувирова С. А.** Оценка влияния выбросов парниковых газов на показатель общей смертности населения Москвы № 2
- Кузьмин С. А., Боев М. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К.** Сравнительная оценка показателей здоровья призывников, проживающих в городах и сельской местности (на примере Оренбургской области) № 5
- Кузьмин С. А., Цибилова З. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К.** Организационные, медицинские и социальные аспекты отбора граждан на военную службу по контракту в Вооруженные Силы Российской Федерации (на примере Оренбургской области) № 11
- Небытов В. Г.** Применение пестицидов в сельском хозяйстве — фактор риска здоровью работников, меры профилактики № 6
- Плахова Л. В., Вишневская Н. Л., Черный К. А.** Влияние факторов производственной среды на работоспособность операторов № 8
- Смирнова Н. К., Кривобокова В. А.** К вопросу о снижении вреда здоровью работников электролизного производства с помощью рационализации режима рабочего времени ... № 12
- Харисов Г. Х., Заворотный А. Г.** Эффект влияния на человека сверхмалых доз атомной радиации, наблюдаемой в соляных шахтах № 9
- Шаназаров А. С., Айсаева Ш. Ю., Чынгыспаев Д. Ш.** Оптимизация норм питания при различных категориях тяжести труда в высокогорье № 9

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Алекина Е. В., Мельникова Д. А., Ягвкин Г. Н.** Управление контрольной деятельностью для обеспечения безопасности на промышленном предприятии № 6
- Галлямов М. А., Проскура В. С.** К вопросу обеспечения безопасности при гидроочистке бензиновых фракций на нефтеперерабатывающих предприятиях № 6
- Иванов Н. И., Светлов В. В., Шашурин А. Е.** Снижение шума стационарных источников в жилой застройке технологическими шумозащитными экранами № 6
- Мартынов А. А., Майбенко Н. И., Плотникова Ю. А.** Программное обеспечение расчетов температуры воздуха в тупиковых выработках глубоких шахт № 2
- Рухлинский В. М., Молотовник А. С., Хаустов А. А.** Управление рисками в области аварийно-спасательного обеспечения полетов № 1
- Свиридова Т. В., Боброва О. Б., Саутина Е. Д.** Совершенствование методов определения профессиональной пригодности персонала для удаленных трудовых зон № 7
- Харитонов В. В., Кленков Р. Р., Пенчученко В. В., Абашев В. Ю., Шешегов П. М., Зинкин В. Н.** Авиационный шум и риск снижения надежности действий летного состава № 1

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Кирсанов В. В.** Роль психических процессов — мышления, активной (динамической) тревожности человека в обеспечении промышленной безопасности опасного объекта № 9
- Котельников В. С., Грозовский Г. И., Вернигор В. В.** Управление безопасностью опасного производственного объекта № 11
- Красногорская Н. Н., Грозовский Г. И., Ахмеров В. В.** Анализ факторов и методик для количественной оценки риска аварии на нефтегазоперерабатывающих производствах № 4

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Абиев Р. Ш., Григорьева А. Н.** Применение перемешивающих устройств для очистки сточных вод: сравнение гиперболических мешалок с ближайшими аналогами № 9
- Будыкина Т. А.** Концепция противопожарной и экологической защиты нефтебаз № 12
- Буренин В. В.** Новые способы и конструкции фильтров для очистки и обезвреживания производственных сточных вод № 9
- Волчатова И. В., Попова Н. А.** Обеспечение норм качества сточных вод как основа стабильности экосистем поверхностных водных объектов № 6
- Кирсанов В. В.** Денитрификация во вторичных отстойниках различной конструкции и ее влияние на качество осветленной воды .. № 5
- Ксенофонтов Б. С., Сеник Е. В.** Очистка сточных вод во флотоотстойниках № 5
- Михайлов А. В., Захаров Н. М., Прозорова О. Б.** Повышение эффективности работы блока экстракции установки платформинга № 9
- Рыбкин А. Я., Горбунова О. В., Дьячкова С. Г.** Потери нефтепродуктов в АО "Саханефтегазбыт", проблемы и методы их решения .. № 1
- Савельев С. Н., Савельева А. В., Тазова О. О., Фридланд С. В.** Оценка возможности совместной очистки сернисто-щелочных сточных вод и отработанных гальванических растворов № 6
- Саяпов Л. Р., Сивкова Г. А.** Определение фракционного состава нефти отдельных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа России № 8
- Тумановский А. А., Квашнин А. В., Смирнов А. С.** Проблемы аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, способы их ликвидации и оценка их опасности при проведении экспертиз № 1
- Федосов В. В., Федосова А. В.** Алгоритм оптимизации трансграничных загрязнений от выбросов источников в промышленных зонах № 8
- Филатов Д. А., Копытов М. А., Овсянникова В. С., Ельчанинова Е. А.** Окисление высоковязкого битума аборигенной почвенной микрофлорой № 12



ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Буренин В. В.** Новые способы, устройства и установки для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий № 4
- Катин В. Д., Березуцкий А. Ю.** Новое газомазутное горелочное устройство с малым выбросом оксидов азота для нефтезаводских печей № 2

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Корженевский Б. И., Коломийцев Н. В., Ильина Т. А., Гетьман Н. О.** Мониторинг загрязнения автотранспортом малых рек Московской области тяжелыми металлами № 4

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Кожиченков В. С., Киселева Т. Н., Фокин С. Н., Мартынюк В. Ф., Бугаев П. Н.** Риск образования взрывоопасной газозадушенной смеси при использовании природного газа в быту № 7
- Котельников В. В., Мартынюк В. Ф.** Опасность аварийных остановок лифта. Эвакуация пассажиров при отсутствии необходимости передвижения кабины № 1
- Мотиенко А. И., Ронжин А. Л., Поляков А. В., Косачев В. Е., Крючков Б. И., Усов В. М.** Роботы для аварийно-спасательных работ с позиций антропоцентрического подхода № 1
- Спиридонов В. С., Морозов С. Д., Кирикова О. В.** Обеспечение взрывобезопасности систем газоочистки № 12
- Чешко И. Д., Тумановский А. А., Парийская А. Ю., Лобатова О. В., Петрова Н. В.** Утечки и взрывы горючих газов — чрезвычайные ситуации в бытовой сфере № 12

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Андреев Е. А., Орлов А. С., Левчук А. А., Марченко М. А.** Пожарная безопасность в электроустановках № 1
- Енютина Т. А., Кулагина Т. А., Марченкова С. Г., Патрушева Т. Н., Петров С. К.** Защитный вкладыш для боевой одежды пожарных № 12
- Клаптюк И. В., Чешко И. Д., Шарапов С. В., Ловчиков В. А.** Применение твердофазной экстракции гидрофобными полимерными сорбентами при обнаружении следов нефтепродуктов на местах возникновения чрезвычайных ситуаций № 8
- Лобова С. Ф., Копкин Е. В., Бардулин Е. Н., Соловьев А. С.** Расчет теплового воздействия на здание при пожаре пролива мазута с использованием программы FIRE DYNAMICS SIMULATOR (FDS) № 7
- Минкин Д. Ю., Федоров А. В., Кузьмин А. А., Романов Н. Н., Минкин Д. А.** Определение граничных условий для расчета режимов прогрева ограждений объектов нефтегазового комплекса в условиях пожара № 5

- Никольский О. К., Мартко Е. О., Овечкина Ю. А.** Принципы оценки и управления пожарными рисками в электроустановках производственных объектов № 6
- Петров В. А., Дубняков И. В., Ефименко И. И., Куданов Я. В., Макасы А. Л., Кудрявцев А. С., Трошков М. Л.** Предварительный контроль источников пожарной опасности. Основные аспекты и реперы предварительного пожарного контроля № 4
- Петров В. А., Иванов А. О., Каширин М. А., Михеев В. А.** Применение воздушных сред с пониженным содержанием кислорода для обеспечения пожарной безопасности герметичных обитаемых объектов № 2
- Рубцов Д. Н., Егоров А. Н.** Обоснование необходимого и достаточного диаметра модельного резервуара типа "стакан в стакане" для выполнения огневых испытаний защитной стенки № 8
- Удилов Т. В., Винокуров В. Н., Александрой В. И.** Анализ мероприятий по защите вахтовых поселков от последствий природных пожаров № 7
- Харисов Г. Х., Фирсов А. В.** Обоснование оптимального значения индивидуального пожарного риска в Российской Федерации № 7
- Чешко И. Д., Принцева М. Ю., Яценко Л. А.** Дифференциация товарных продуктов на основе углеводородов нефти при экспертизе пожаров № 11
- Шныпарков А. В., Копытков В. В.** Обоснование времени эксплуатации боевой одежды пожарных по устойчивости ее к воздействию открытого пламени № 11

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

- Хлопова А. В.** Анализ причин обрывов фазных проводов воздушных линий напряжением 6—10 кВ № 4

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Жданкин Н. А.** Экология в России: глобальные проблемы и решения № 11

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Гуськов В. Д.** Опыт работы КБ специального машиностроения по защите окружающей среды от радиационного загрязнения отработавшим ядерным топливом ядерных объектов № 12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

- Бобович Б. Б.** Повышение утилизируемости транспортных средств категорий М2, М3, N2 и N3 № 9
- Бобович Б. Б., Конохов А. Н.** Утилизация отходов асбестового полотна с использованием термодеструкции № 6

- Венцель В. Д., Сердюк В. С., Янчий С. В.** Проблемы обращения с твердыми коммунальными отходами и возможные пути их решения на региональном уровне № 5
- Чуракова Н. С.** Способ утилизации отходов легкой промышленности № 4

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Двуреченский В. Г., Благодатнова А. Г.** Мониторинг экологического состояния рекреационных объектов города Новосибирска . . . № 8
- Касаткин Е. Н., Живов И. В., Кириченко Н. Е., Веджижева М. Д., Горев С. Г., Полишко А. И.** Техногенные условия формирования современного экологического облика промышленного комплекса Кирово-Чепецка и пути реабилитации загрязненных территорий № 5
- Полоник С. С., Хоробрых Э. В., Литвинчук А. А.** Оценка влияния экологического фактора на конкурентоспособность регионов Республики Беларусь в целях обеспечения безопасности № 2
- Тимофеева С. С., Гармышев В. В., Дубровин Д. В.** Методология и оценка загрязнения атмосферы, создаваемого пожарами на объектах техносферы в Сибирском федеральном округе № 7

ОБРАЗОВАНИЕ

- Белозеров Д. А., Курышев А. А.** О результатах применения программного обеспечения серии "эколог" в учебном процессе № 9
- Голобоков С. А., Мокеева О. Л.** Особенности изучения дисциплины "Экология" в высшем военном учебном заведении № 5
- Зиновьева О. М., Золкина А. В., Ломоносова Н. В., Меркулова А. М., Смирнова Н. А.** Вопросы интеграции онлайн-курсов в систему высшего образования (на примере дисциплины "Безопасность жизнедеятельности") . . . № 1
- Каверзнева Т. Т., Леонова Н. А.** Проблемы перевода учебного процесса в on-line формат в высшей школе № 4
- Костенок П. И.** Методические особенности построения и реализации программы учебной дисциплины "Гражданская оборона" при подготовке будущих учителей ОБЖ в вузе № 6
- Кривобокова В. А.** Анализ уровня теоретических знаний студентов о технике проведения сердечно-легочной реанимации № 7
- Леонова Н. А., Каверзнева Т. Т.** Развитие профессионально важных качеств обучающихся в инженерном образовательном процессе по направлению "Техносферная безопасность" . . № 11
- Малаян К. Р.** Роль образования и науки в решении проблем безопасности и охраны окружающей среды № 12
- Мессинева Е. М., Фегисов А. Г.** Проблемы перехода на ФГОС 3++ с учетом требований профессиональных стандартов для укрупненной группы направлений "Техносферная безопасность" № 2

- Погодаева М. В.** Безопасность образовательной среды как условие развития личности дошкольника № 6
- Талагаева Ю. А., Талагаев Ю. В.** Проблема формирования у подростков навыков безопасного поведения в сети Интернет № 4
- Филонова Е. Н.** Дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" и оценка условий учебы и труда в высшем учебном заведении . . . № 11
- Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** Основы дидактики темы "Повреждения грудной клетки и грудной полости" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов № 5
- Шаповалов К. А., Шаповалова Л. А.** Основы дидактики темы "Повреждения живота" учебного модуля "Первая (доврачебная экстренная) помощь при травмах, несчастных случаях, катастрофах и стихийных бедствиях" предмета "Безопасность жизнедеятельности" для гуманитарных и технических университетов . . . № 9

Номер журнала подготовлен специалистами и учеными Республики Северная Осетия — Алания. № 3

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Алборов И. Д., Бадтиев Ю. С., Петров Ю. С.** Критерии экологической безопасности для экологической платформы развития российской экономики на период до 2025 года
- Резазов В. Ч.** Участие России в деятельности международных экологических структур
- Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г., Глазов А. П.** Деформация природного ландшафта деятельностью горно-металлургического производства в Республике Северная Осетия—Алания
- Тедеева Ф. Г., Бурдзиева О. Г., Мадаева М. З., Глазов А. П., Зорина И. Ю.** Геоэкологические факторы, влияющие на здоровье населения при переработке руд в отрогах гор Северного Кавказа
- Резазов В. Ч., Пилюева Д. Э.** Особенности формирования экологического сознания населения в условиях региона РСО—Алания
- Алборов И. Д., Бекузарова С. А., Качмазов Д. Г.** Биоиндикация токсичности почв

ОХРАНА ТРУДА

- Тезиев Т. М., Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г.** Состояние охраны труда в образовательных учреждениях РСО — Алания
- Тезиев Т. М., Щемелев Ю. Г.** О результатах мониторинга специальной оценки условий труда в образовательных организациях РФ

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г., Гриднев Е. А., Дзгоева И. С.** Факторы, влияющие на здоровье населения в горно-индустриальной зоне Северного Кавказа



Бутаев Т. М., Гиголаева Л. В., Меркулова Н. А., Тибилев А. Г., Сердюк Н. В. Состояние среды обитания во Владикавказе и решение многолетней экологической проблемы, связанной с функционированием предприятия цветной промышленности

Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г., Кириллова А. А., Алборов С. Т. Формирование физического загрязнения в среде обитания населения Владикавказ

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Зорина И. Ю. Анализ возможных направлений развития возобновляемой энергетики в условиях горных территорий (на примере РСО—Алания)

Катаева М. В. Эколого-экономические проблемы комплексного освоения и развития территорий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Воропанова Л. А., Хоменко Л. П., Гагиева З. А. Переработка кобальт-марганцевых отходов электроэкстракцией

Мамаджанов Р. Х., Умаров М. У., Мажиев Х. Н., Батаев Д. К.-С. Температура как индикатор биохимических процессов разложения отходов на полигонах ТКО Чеченской Республики

Номер журнала подготовлен по материалам Международной научно-практической конференции "Техносферная и экологическая безопасность на транспорте" ТЭБТРАНС-2018. № 10

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Панин А. В., Белонина А. А., Тинус А. М. Новый подход при работе с несовершеннолетними по обучению безопасности поведения на объектах железнодорожной инфраструктуры
Сазонова А. М., Копытенкова О. И., Шилова Е. А. Способы снижения негативного

воздействия биологических факторов подземных пространств на здоровье человека

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Ахтямов Р. Г., Титова Т. С. Совершенствование комплекса мероприятий по ликвидации разлива нефти на водной поверхности с загрязнением источника водоснабжения

Елизарьев А. Н., Ахтямов Р. Г., Аксенов С. Г., Тараканов Дм. А., Тараканов Д. А. Современные технологии защиты объектов транспортной инфраструктуры на основе моделирования опасных ситуаций

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Харламова А. В., Верех-Белоусова Е. И. Влияние эдафических условий рекультивированных породных отвалов на эффективность снижения их негативного воздействия на прилегающие территории

Харитоненко А. Л., Зачиняев Я. В. Очистка резервуаров от нефтепродуктов с помощью технических моющих средств, содержащих новые поверхностно-активные вещества

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гаврилова А. А., Копытенкова О. И., Андреева Л. А., Фролов А. В. Количественная оценка аккумуляции тяжелых металлов в растениях в зависимости от удаленности автодорог в центре Санкт-Петербурга

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Титова Т. С., Ахтямов Р. Г. Оценка геоэкологической и пожарной обстановки при разливе нефти на водной поверхности

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Бабак Н. А., Масленникова Л. Л. Геоэкологический резерв промышленных минеральных отходов

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 *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 03.10.18. Подписано в печать 19.11.18. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1218.

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 солюшнз".

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