



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.

5(221)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Антонченко В. В. Безопасность и права человека 3

ОХРАНА ТРУДА

Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Особенности выбора параметров микроклимата в кабинах рабочих машин 9
 Пименов С. И. Повышение безопасности и эффективности технологического процесса в строительстве путем его автоматизации 16
 Чистов С. Д., Кукушкин Ю. А., Солдатов С. К., Богомоллов А. В., Кисляков Ю. Ю., Герасимова Е. Г. Методическое обеспечение оценивания профессиональной работоспособности оператора в условиях воздействия интенсивного авиационного шума 20

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Галлямов М. А., Вадулина Н. В., Проскура В. С., Салимов А. О. Повышение уровня промышленной безопасности и охраны труда путем внедрения информационной системы 29

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бобович Б. Б. Снижение экологических рисков при обращении с отработанными маслами 39
 Катин В. Д., Булгаков С. В. Технические решения и рекомендации по выбору эффективных горелочных устройств и их рациональной компоновки для трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов 45
 Петров С. К., Пасечник А. А., Патрушева Т. Н., Олейников А. Ю. Характеристика полигонов твердых отходов 50
 Шевкопляс-Гурьева Н. А., Сивкова Г. А. Определение содержания органического вещества (гумуса) и обменной кислотности почвы 57

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ

Кривобокова В. А. Анализ функционального состояния дыхательной системы курящих и некурящих студентов 61

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
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.)
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

5(221)
2019

CONTENTS

GENERAL PROBLEM SAFETY

Antonchenko V. V. Security and Human Rights 3

LABOUR PROTECTION

Mikhailov V. A., Sotnikova E. V., Kalpina N. Ju. Features of the Choice of Microclimate Parameters in the Cabins of Working Machines 9
Pimenov S. I. Improving the Safety and Efficiency of the Process in Construction by dint its Automation 16
Chistov S. D., Kukushkin Yu. A., Soldatov S. K., Bogomolov A. V., Kislyakov Yu. Yu., Gerasimova E. G. Methodological Support for Evaluating Operator's Professional Performance under the Influence of Intensive Aviation Noise 20

INDUSTRIAL SAFETY

Gallyamov M. A., Vadulina N. V., Proskura V. S., Salimov A. O. Improving the Level of Industrial Safety and Labor Protection by dint of Introduction of the Information System ... 29

ECOLOGICAL SAFETY

Bobovich B. B. The Reduction of Environmental Risks in Waste Oil Management 39
Katin V. D., Bulgakov S. V. Technical Solutions and Recommendations for the Selection of Efficient Burners and their Rational Layout for Tubular Furnaces of Oil Refineries 45
Petrov S. K., Pasechnik A. A., Patrusheva T. N., Oleynikov A. Yu. Characteristics of Solid Waste Landfill 50
Shevkopyas-Gurieva N. A., Sivkova G. A. Determination of Content of Organic Substance (Humus) and Exchange Acidity of the Soil 57

HEALTH PROTECTION

Krivobokova V. A. Analysis of the Functional State of the Respiratory System of Smoking and Non-Smoking Students 61

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

УДК 340

В. В. Антонченко, канд. юрид. наук, e-mail: antovadim@yandex.ru, заместитель начальника по учебно-научной работе, Дальневосточная пожарно-спасательная академия МЧС России, Владивосток

Безопасность и права человека

Статья посвящена проблеме ограничения прав человека при обеспечении безопасности личности и общества. Автор делает вывод о том, что ограничение прав не только возможно, но и является необходимым условием мер безопасности и неотделимо от проблемы защищенности личности правовыми средствами. При этом основной акцент в данной сфере необходимо делать на правомерности ограничений и подробной правовой регламентации ограничительных мер.

Ключевые слова: безопасность, права человека, ограничение прав, защита личности, предотвращение преступлений, причинение вреда

Провозглашение прав и свобод человека высшей ценностью определяет приоритеты в развитии национальной правовой политики. Построение в России открытого демократического общества, основанного на ценностях идеологии правового государства, порождает все более заметный в последнее время конфликт между гарантированной Конституцией возможностью реализации человеком личных, социальных и политических прав и адекватной современным угрозам безопасности личности необходимостью их ограничения. Эта проблема — обеспечение прав и свобод человека и гражданина и установление границ (ограничение) этих прав — является в юриспруденции давней и весьма дискуссионной.

Основные права человека закреплены во Всеобщей декларации прав человека [1], отметившей 10 декабря 2018 г. свое семидесятилетие. К этим правам, прежде всего, относятся: право каждого на жизнь, свободу, личную неприкосновенность; свободу от рабства и подневольного состояния; свободу от пыток и жестокого обращения; свободу от произвольного вмешательства в частную жизнь и посягательства на неприкосновенность жилища; право на гражданство; право на свободу передвижения и выбор места жительства; право на владение имуществом; право на свободу мысли, совести и религии; право на свободу убеждений и на свободное их выражение; право на поиск, получение и распространение информации независимо от государственных границ; право на мирные собрания и ассоциации; право на участие в управлении своей страной, на равный доступ к государственной службе; право на труд и равную оплату за равный труд; право на отдых; право на достойный жизненный уровень;

право на медицинское обслуживание; право на образование; право на справедливое судебное разбирательство; право считаться невиновным до тех пор, пока его виновность не будет установлена судом и обеспечением возможности для защиты; право на убежище и некоторые другие.

Помимо Всеобщей декларации прав человека, неотъемлемость, равенство прав и свобод, недопустимость дискриминации провозглашаются в Конвенции "О защите прав человека и основных свобод" [2], Международном пакте об экономических, социальных и культурных правах [3], Заключительном акте совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе [4] и других международно-правовых актах.

Права человека, провозглашенные в указанных документах, положены в основу отечественной Декларации прав человека и гражданина [5] и Конституции РФ [6]. Статья 2 Конституции РФ провозглашает, что человек, его права и свободы являются высшей ценностью. Признание, соблюдение и защита прав и свобод человека и гражданина — обязанность государства. Часть 2 статьи 17 Конституции РФ определяет, что основные права и свободы человека неотчуждаемы и принадлежат каждому от рождения.

Следует отметить, что, по мнению специалистов, Конституция РФ по количеству свобод и объему декларируемых прав превосходит подобные законы большинства цивилизованных государств. Понятно стремление посттоталитарного общества обратить особое внимание на права и свободы человека и гражданина, однако указание в Конституции на те права личности, которые общество не может обеспечить, порождает правовой нигилизм. Кроме того, идеологический



миф о недопустимости любых ограничений прав и свобод не влияет, к сожалению, на огромный разрыв между конституционными нормами и их реальным воплощением.

Представляется, что наделение прав и свобод человека качеством высшей ценности является одной из ошибок идеологии посттоталитарного периода [7]. Существует мнение, что "...справедливо утверждение о том, что только ограничение и содержащее пределы своей свободы право отвечает своему первоначальному предназначению... Ограничение прав... имеет такое же естественное происхождение, как сами права и свободы" [8].

Субъективное право в юридическом смысле — это определение дозволенных форм, способов и границ реализации естественных, данных человеку от рождения, прав. Другими словами, предназначение субъективного права — в установлении пределов свободы поведения. Само установление субъективного права предполагает, таким образом, как правила пользования им (правом), так и границы его использования.

Нельзя не отдавать себе отчет в том, что ограничение прав и свобод происходит в процессе их практической реализации. В пределах этой формально закрепленной свободы осуществляется самоопределение личности, устанавливаются условия реального пользования социальными благами в различных сферах политической, экономической, социально-культурной и личной жизни.

Права и свободы человека являются средством духовного развития личности и формирования ответственности. Ничем не ограниченные права, как неоднократно были вынуждены убеждаться граждане различных государств в переломные моменты их истории, приносят вред. В такие моменты снятие ограничений (или их ослабление) является признаком слабости государства, а в обществе неограниченных, ничем не стесненных прав (фактически вседозволенности) получает верховенство право сильного.

Представляется, что государство как основной субъект в сфере обеспечения безопасности, охраны прав и свобод личности обязано организовать предупредительную (по отношению к возможным опасностям) деятельность, защитить человека и общество от внутренних и внешних угроз, не допустить нарушения основных прав и свобод человека при осуществлении правоохранения, восстановить нарушенные права, в том числе посредством компенсации вреда, причиненного потерпевшему.

Права личности — это ее социальные возможности, детерминированные экономическими условиями жизни общества и законодательно закрепленные государством. В них выражена

та мера свободы, которая объективно возможна для личности на конкретном историческом этапе развития общества. Возможность пользоваться правами и свободами определяется и субъективными факторами. Например, реализация права на образование определяется собственными возможностями и способностями человека.

Права и свободы одного человека также ограничены тем, что аналогичные права и свободы имеются и у другого человека. Одна из функций государства как раз и состоит в том, чтобы для реализации одних прав и свобод ограничивать другие. "Осуществление прав и свобод человека и гражданина не должно нарушать права и свободы других лиц", — гласит часть 2 статьи 55 Конституции РФ.

Итак, ограничение прав личности необходимо как для самого их существования, так и для обеспечения безопасности их носителя и всего общества. При этом любые меры безопасности — это всегда ограничение прав и свобод. Задача правового государства — четко определить пределы и регламентировать механизм такого ограничения. Либо государство отказывается от мер безопасности, либо, используя жесткие границы и регламенты, ограничивает чьи-то права. Основные аргументы против ограничений прав личности сводятся к тому, что они позволяют произвольно вторгаться в сферу личной жизни, а меры безопасности ущемляют конституционные права граждан.

Выделяют три предела ограничения прав человека: личностный, территориальный и временной, которые взаимно дополняют друг друга [7]. Первый принцип связан с защитой личности, человека, его нравственности, здоровья, прав и законных интересов от каких-либо угроз (неправомерные действия, источник повышенной опасности, особое должностное положение лица, требующее специальной охраны, и др.).

Этим принципом опосредованы также те случаи, когда опасность в силу каких-либо причин представляет сама личность. Такими причинами может быть возраст, отсутствие определенных качеств, особые психические состояния в силу заболевания, девиантное либо противоправное поведение личности, судимость и т. д. Перечисленные признаки создают потенциальную опасность и, соответственно, требуют применения мер безопасности, связанных с ограничениями прав и свобод: правовые ограничения для несовершеннолетних, другие возрастные цензы, запрет заниматься какой-либо деятельностью в силу отсутствия образования, применение мер пресечения и т. д.

В соответствии с территориальным принципом предела ограничения прав человека

уполномоченный орган на основе закона вправе вводить определенные ограничения на той или иной территории (зоны чрезвычайных ситуаций, террористической опасности и военных действий). На территории, на которую распространяется вредное воздействие источника опасности, в соответствии с законом могут быть ограничены права и свободы [9, 10].

Временной принцип действия мер безопасности связан с решением вопросов о продолжительности действий правоограничений. Установление сроков таких ограничений в условиях очевидной опасности затруднений не вызывает. Например, в случае природных и техногенных катастроф ограничения прав и свобод должны сниматься в момент устранения опасности.

В основе определения длительности правоограничений должны лежать два довода: 1) вероятность причинения ущерба правам и свободам, исходящая от источника опасности; 2) обязанность не ущемлять без особой необходимости свободы граждан. Соответственно предлагается учитывать сроки, в течение которых будут действовать антикриминальные правоограничения, называя их сроками криминологической давности [11].

Очевидную важность в проблеме правоограничений, обеспечивающих безопасность человека, занимает, по мнению автора, вопрос применения мер безопасности к лицам, совершившим, совершающим или способным совершить общественно опасные деяния. Возникает вопрос, что считать опасным: личность или ее деяние? Может ли личность, еще не совершившая противоправного деяния, быть признана общественно опасной? Если да, то каковы критерии общественной опасности личности? Можно ли заблаговременно применять меры безопасности, связанные с ограничением прав и свобод человека, до того как он совершил общественно опасное деяние? С чем связывать прекращение применения таких мер и как не допустить произвола?

В сфере уголовного права меры безопасности неразрывно связаны как с наказанием (общая и частная превенция как цели наказания направлены на предотвращение преступлений), так и с иными мерами уголовно-правового характера: в соответствии со статьей 97 УК РФ принудительные меры медицинского характера назначаются только в случаях, когда психические расстройства связаны с возможностью причинения этими лицами существенного вреда либо с опасностью для себя или других лиц.

Отсюда следует важный вопрос: насколько применение мер безопасности должно подчиняться принципам уголовного права: определенности срока, на который они (меры) применяются, сроку

давности уголовного преследования и т. д. Приходится констатировать, что в России сегодня, к сожалению, система уголовно-правовой защиты охраняемых правом ценностей и охранительная функция уголовного закона низведена до статуса наказательного права.

Сегодня сроки применения мер безопасности не всегда тождественны срокам наказаний. Так, в силу статьи 92 УК РФ, несовершеннолетний, осужденный к лишению свободы за совершение преступления средней тяжести, а также тяжкого преступления, может быть освобожден судом от наказания и помещен в специальное учебно-воспитательное учреждение закрытого типа. Несовершеннолетний может быть помещен в указанное учреждение до достижения им возраста восемнадцати лет, но не более чем на три года.

Пребывание несовершеннолетнего в специальном учебно-воспитательном учреждении закрытого типа прекращается до истечения срока, установленного судом, если судом будет признано, что несовершеннолетний не нуждается более в применении данной меры, либо если у него выявлено заболевание, препятствующее его содержанию и обучению в указанном учреждении. Суд вправе продлить срок пребывания несовершеннолетнего в специальном учебно-воспитательном учреждении закрытого типа по истечении срока, установленного судом, в случае, если судом будет признано, что несовершеннолетний нуждается в дальнейшем применении данной меры.

При этом общий срок пребывания несовершеннолетнего в указанном учреждении не может превышать трех лет. В случае необходимости завершения освоения несовершеннолетним соответствующих образовательных программ или завершения профессионального обучения продление срока пребывания его в специальном учебно-воспитательном учреждении закрытого типа допускается только по ходатайству несовершеннолетнего [12].

Примером назначения мер безопасности с неопределенными сроками является применение в соответствии с нормами уголовного закона принудительных мер медицинского характера. Но и в этом случае лицо, которому назначена такая мера, подлежит освидетельствованию комиссией врачей-психиатров не реже одного раза в шесть месяцев для решения вопроса о наличии оснований для внесения представления в суд о прекращении применения или об изменении такой меры.

Освидетельствование такого лица проводится по инициативе лечащего врача, если в процессе лечения он пришел к выводу о необходимости изменения принудительной меры медицинского



характера либо прекращения ее применения, а также по ходатайству самого лица, его законного представителя и (или) близкого родственника.

Первое продление принудительного лечения может быть произведено по истечении шести месяцев с момента начала лечения, в последующем продление принудительного лечения производится ежегодно.

Подобные нормы, не содержащие конкретных сроков применения мер безопасности, содержатся в Законе РФ от 02.07.1992 № 3185-1 "О психиатрической помощи и гарантиях прав граждан при ее оказании" [13], в соответствии с которым пребывание лица в медицинской организации, оказывающей психиатрическую помощь в стационарных условиях, в недобровольном порядке продолжается только в течение времени сохранения оснований, по которым была проведена госпитализация.

При этом лицо, госпитализированное в медицинскую организацию, оказывающую психиатрическую помощь в стационарных условиях в недобровольном порядке, в течение первых шести месяцев не реже одного раза в месяц подлежит освидетельствованию комиссией врачей-психиатров указанной медицинской организации для решения вопроса о продлении госпитализации. При продлении госпитализации свыше шести месяцев освидетельствования комиссией врачей-психиатров проводятся не реже одного раза в шесть месяцев [13].

По аналогичному принципу — до устранения потенциального источника опасности или его вредоносного влияния — регламентируется и применение предкриминальных и постпенитенциарных мер безопасности. Так, согласно Федеральному закону от 06.04.2011 № 64-ФЗ "Об административном надзоре за лицами, освобожденными из мест лишения свободы" [14] административный надзор устанавливается для предупреждения совершения лицами, указанными в статье 3 данного закона, преступлений и других правонарушений, оказания на них индивидуального профилактического воздействия в целях защиты государственных и общественных интересов, и в зависимости от вида и категории совершенного преступления может быть определен либо конкретным сроком (от одного года до трех лет), либо указанием на срок, установленный законодательством Российской Федерации для погашения судимости, или на срок назначения принудительных мер медицинского характера, но не менее срока, установленного законодательством Российской Федерации для погашения судимости.

Законом установлено, что во всех случаях административный надзор может быть продлен

на срок до шести месяцев, но не свыше срока, установленного законодательством Российской Федерации для погашения судимости.

Федеральный закон от 24.06.1999 № 120-ФЗ "Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних" [15] устанавливает, что индивидуальная профилактическая работа в отношении несовершеннолетних, их родителей или иных законных представителей проводится в сроки, необходимые для оказания социальной и иной помощи несовершеннолетним, или до устранения причин и условий, способствовавших безнадзорности, беспризорности, правонарушениям или антиобщественным действиям несовершеннолетних, или достижения ими возраста восемнадцати лет, или наступления других обстоятельств, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Согласно проведенному автором в сентябре — ноябре 2018 г. опросу, лишь 20 % граждан оценивают предупредительный и охранительный потенциал уголовного закона как достаточный. Подавляющее же большинство респондентов из более чем 2000 опрошенных граждан считают, что государство не справляется с задачей обеспечения безопасности человека. При этом только четверть опрошенных допускают ограничения своих прав как оправданную меру обеспечения безопасности. Результат проведенного автором исследования позволяет также сделать вывод о том, что общество волнует не столько возможность ограничения прав человека как таковая, сколько вопросы правомерности ограничений и подробной правовой регламентации ограничительных мер.

Часть 3 статьи 55 Конституции РФ прямо устанавливает, что права и свободы человека и гражданина могут быть ограничены федеральным законом только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства [6].

Таким образом, на конституционном уровне установлены условия возможного ограничения прав и свобод личности: 1 — права и свободы личности могут быть ограничены только федеральным законом и ни в коей мере иным правовым актом; 2 — права и свободы личности могут быть ограничены только в той мере, в какой это необходимо для достижения целей, определенных частью 3 статьи 55 Конституции РФ. Несмотря на то что данные условия ограничения прав и свобод личности сформулированы в самом общем виде, они служат ориентиром установления необходимости ограничения прав и его меры,

гарантирующих защиту от произвола и злоупотребления властью.

Отечественная история и опыт правовой деятельности демонстрируют отсутствие правовых традиций, аккумулирующих правовые ценности, проникающих в правовое пространство и регулирующих баланс между интересами безопасности личности, общества и государства и задачей повсеместного соблюдения прав человека. В этих условиях ограничение прав лежит в основе мер безопасности и неотделимо от проблемы защиты личности правовыми средствами.

Проблема свободы личности и спор о необходимости и возможности ограничения прав в наши дни приобретает особенное, практическое значение. Сегодня общество как никогда ранее сталкивается с проблемой предупреждения различных угроз, прежде всего связанных с терроризмом и экстремизмом. При этом обеспечение безопасности имеет свою цену. В силу очевидности проблемы, в научной среде постепенно стихают дискуссии о том, может ли быть такой ценой некоторое ограничение прав и свобод личности.

Перед юридической наукой и практикой на первом месте стоят, прежде всего, проблемы правомерности правоограничений в каждом конкретном случае и их адекватности существующим или прогнозируемым опасностям. Противоречие между обязанностью государства обеспечить права своих граждан и необходимостью законодательного ограничения этих прав насущно требует своего научно обоснованного разрешения.

Список литературы

1. **Всеобщая декларация** прав человека. Принята Генеральной Ассамблеей ООН 10.12.1948.
2. **Конвенция** о защите прав человека и основных свобод ETS N 005 (Рим, 4 ноября 1950 г.). Ратифицирована Российской Федерацией Федеральным законом от 30 марта 1998 г. № 54-ФЗ.

3. **Международный пакт** об экономических, социальных и культурных правах. Принят 16.12.1966 Резолюцией 2200 (XXI) на 1496-м пленарном заседании Генеральной Ассамблеи ООН.
4. **Заключительный акт** Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе. Подписан в г. Хельсинки 01.08.1975 // Сборник действующих договоров, соглашений и конвенций, заключенных СССР с иностранными государствами. Вып. XXXI. — М., 1977. — С. 544—589.
5. **О Декларации** прав и свобод человека и гражданина. Постановление ВС РСФСР от 22 ноября 1991 г. № 1920-I // Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации от 26 декабря 1991 г., № 52, ст. 1865.
6. **Конституция** Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12.12.1993.
7. **Щедрин Н. В.** Введение в правовую теорию мер безопасности: Монография. — Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 1999. — 180 с.
8. **Морозова Л. А.** Принципы, пределы, основания ограничения прав и свобод человека по российскому законодательству и международному праву: "Круглый стол" журнала "Государство и право" // Государство и право. — 1998. — № 7. — С. 20—42; — № 8. — С. 26.
9. **О противодействии** терроризму. Федеральный закон от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 13 марта 2006 г. № 11 ст. 1146.
10. **О чрезвычайном положении.** Федеральный конституционный закон от 30 мая 2001 г. № 3-ФКЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 4 июня 2001 г. № 23. Статья 2277.
11. **Щедрин Н. В.** Меры безопасности (защиты) в системе предупредительной деятельности // Вопросы уголовной политики. — Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1991. — С. 163.
12. **Уголовный кодекс** Российской Федерации. Федеральный закон РФ от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
13. **О психиатрической помощи** и гарантиях прав граждан при ее оказании. Закон РФ от 02.07.1992 № 3185-1 // "Ведомости СНД и ВС РФ". 20.08.1992. № 33. Статья 1913 (Ред. от 19.07.2008 г.).
14. **Об административном надзоре** за лицами, освобожденными из мест лишения свободы. Федеральный закон РФ от 6 апреля 2011 г. № 64-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 11 апреля 2011 г. № 15. Статья 2037.
15. **Об основах** системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних. Федеральный закон от 24 июня 1999 г. № 120-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 28 июня 1999 г. № 26. Статья 3177.

V. V. Antonchenko, Deputy Head, Far Eastern Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia, Vladivostok

Security and Human Rights

The article is devoted to the problem of limiting human rights while ensuring the security of the individual and society. The author concludes that the restriction of rights is not only possible, but also a necessary condition for security measures and is inseparable from the problem of personal protection by legal means. At the same time, the main emphasis in this area should be on the legality of restrictions and detailed legal regulation of restrictive measures.

Keywords: security, human rights, restriction of rights, protection of the person, prevention of crimes, infliction of harm



References

1. **Vseobshchaya deklaraciya** prav cheloveka. Prinyata General'noj Assambleej OON 10.12.1948.
2. **Konvenciya** o zashchite prav cheloveka i osnovnyh svobod ETS N 005 (Rim, 4 noyabrya 1950 g.) Ratificirovana Rossijskoj Federacijej Federal'nyim zakonom ot 30 marta 1998 g. No. 54-FZ.
3. **Mezhdunarodnyj pakt** ob ehkonomicheskikh, social'nyh i kul'turnyh pravah. Prinyat 16.12.1966 Rezolyuciej 2200 (XXI) na 1496-om plenarnom zasedanii General'noj Assamblei OON.
4. **Zaklyuchitel'nyj akt** Soveshchaniya po bezopasnosti i sotrudnichestvu v Evrope. Podpisan v g. Hel'sinki 01.08.1975. *Sbornik dejstvuyushchih dogovorov, soglashenij i konvencij, zaklyuchennyh SSSR s inostrannymi gosudarstvami*. Vyp. XXXI. Moscow, 1977. P. 544—589.
5. **O Deklaracii** prav i svobod cheloveka i grazhdanina. Postanovlenie VS RSFSR ot 22 noyabrya 1991 g. No. 1920-I. *Vedomosti S'ezda narodnyh deputatov Rossijskoj Federacii i Verhovnogo Soveta Rossijskoj Federacii ot 26 dekabrya 1991 g., No. 52, stat'ja 1865*.
6. **Konstituciya** Rossijskoj Federacii. Prinyata vsenarodnym golosovaniem 12.12.1993.
7. **Shchedrin N. V.** Vvedenie v pravovuyu teoriyu mer bezopasnosti: Monografiya. Krasnoyarsk: Krasnoyarskij gosudarstvennyj universitet. 1999. 180 p.
8. **Morozova L. A.** Principy, predely, osnovaniya ogranicheniya prav i svobod cheloveka po rossijskomu zakonodatel'stvu i mezhdunarodnomu pravu: "Kruglyj stol" zhurnala "Gosudarstvo i pravo". *Gosudarstvo i pravo*. 1998. No. 7. P. 20—42; No. 8. P. 26.
9. **O protivodejstvii** terrorizmu. Federal'nyj zakon ot 6 marta 2006 g. No. 35-FZ. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 13 marta 2006 g. No. 11 stat'ja 1146*.
10. **O chrezvychajnom** polozhenii. Federal'nyj konstitucionnyj zakon ot 30 maya 2001 g. No. 3-FKZ. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 4 iyunya 2001 g. No. 23 stat'ja 2277*.
11. **Shchedrin N. V.** Mery bezopasnosti (zashchity) v sisteme predupreditel'noj deyatel'nosti. *Voprosy ugovnoy politiki*. Krasnoyarsk: Izdatelstvo Krasnoyarskogo universiteta, 1991. P. 163.
12. **Ugovnyj kodeks** Rossijskoj Federacii. Federal'nyj zakon RF ot 13.06.1996 No. 63-FZ (redakcija ot 29.07.2017).
13. **O psihiatricheskoy pomoshchi** i garantiyah prav grazhdan pri ee okazanii. Zakon RF ot 02.07.1992 No. 3185-I. *"Vedomosti SND i VS RF"*. 20.08.1992. No. 33. stat'ja 1913 (redakcija ot 19.07.2018).
14. **Ob administrativnom nadzore** za licami, osvobozhdennymi iz mest lisheniya svobody. Federal'nyj zakon RF ot 6 aprelya 2011 g. No. 64-FZ. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 11 aprelya 2011 g. No 15. stat'ja 2037*.
15. **Ob osnovah** sistemy profilaktiki beznadzornosti i pravonarushenij nesovershennoletnih. Federal'nyj zakon ot 24 iyunya 1999 g. No 120-FZ. *Sobranii zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 28 iyunya 1999 g. No. 26, stat'ja 3177*.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на второе 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" — 79963

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромынский 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 338.436.33

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

Особенности выбора параметров микроклимата в кабинах рабочих машин

Предложено внести поправки к ГОСТу 12.2.120-2015 исходя из принципа эквивалентности совместного воздействия на оператора рабочих машин сочетаний параметров микроклимата, климатических условий местности и специфики производственной деятельности оператора, связанной с чередованием его нахождения в кабине и вне ее в течение рабочей смены. Для исключения теплового шока и простудных заболеваний оператора предложен нижний порог температурного перепада, равный 6 °С. В части нормирования скорости воздуха в кабине предложено ввести ее нижний предел 0,5 м/с в увязке с относительной влажностью и температурой этого воздуха.

Ключевые слова: кабина машины, параметры микроклимата, климатические условия, специфика трудовой деятельности, температурный перепад, тепловой шок оператора

Введение

При решении проблемы безопасности жизнедеятельности операторов в системе "человек—машина—среда" одним из важнейших аспектов является нормализация микроклимата в кабинах.

Микроклиматом называют метеорологические условия рабочей зоны. Он определяется действующими на организм оператора сочетаниями температуры, относительной влажности, скорости воздуха, а также температуры ограждений. Параметры микроклимата (в значительной степени температура t_k , и относительная влажность φ_k воздуха) служат исходными расчетными данными к выбору типа установки кондиционирования воздуха (УКВ), определению ее производительности и режимов работы для обеспечения нормализации теплового состояния оператора. Условия, при которых она не обеспечивается, называют дискомфортными. Напротив, оптимальными микроклиматическими условиями считаются такие сочетания параметров, которые при длительном систематическом воздействии на оператора обеспечивают нормальное функционирование его организма без напряжения реакций терморегуляции [1].

Допустимые микроклиматические условия характеризуются сочетанием параметров, которые при длительном систематическом воздействии на оператора могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение

реакций терморегуляции, не выходящие за пределы его физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния оператора, но могут наблюдаться в некоторых случаях дискомфортные ощущения, ухудшающие самочувствие и снижение работоспособности оператора к концу рабочей смены. Однако во время полноценного отдыха эти негативные явления полностью проходят без каких-либо вредных последствий для здоровья оператора [1].

В определенной мере этот аспект исследован применительно к помещениям стационарных объектов, где установлено, что параметры микроклимата зависят от характера производственной деятельности человека (работа легкой, средней тяжести и тяжелой), степени теплонапряженности помещений (со значительными и незначительными теплоизбытками) и других факторов, что нашло отражение в соответствующем нормативном документе [1]. Также был введен в действие стандарт [2], касающийся требований безопасности операторов в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Однако в части нормирования параметров микроклимата этот документ существенно уступает первому, поскольку недостаточно учитывает специфику объектов. С учетом этого в статье ставится задача выявить особенности деятельности операторов рабочих машин, оценить теплонапряженность их кабин и уточнить требования, предъявляемые к параметрам микроклимата в кабинах.



Теплонапряженность кабины и особенности производственной деятельности операторов рабочих машин

Как отмечалось выше, в ГОСТ 12.1.005—88 [1] при назначении параметров микроклимата учтена теплонапряженность производственных помещений и специфика трудовой деятельности человека, чего нет в ГОСТ 12.2.120—2015 [2]. Теплонапряженность [3] характеризуется удельной (т. е. приходящейся на 1 м³ помещения) тепловой нагрузкой $q_{уд}$. К незначительным избыткам явной теплоты относятся избытки, не превышающие $q_{уд} = 23 \text{ Вт/м}^3$. Значительные избытки характеризуются значением $q_{уд}$ более 23 Вт/м³. Помещения с такой теплонапряженностью относят к категории "горячих цехов". Установлено [4], что удельная тепловая нагрузка современных кабин даже при наружной температуре воздуха $t_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ достигает $q_{уд} = 300 \text{ Вт/м}^3$. Это означает, что относить их следует к категории "горячих цехов". Это является специфическим качеством кабин как объектов кондиционирования воздуха.

По энергетическим затратам деятельность операторов тракторов и других рабочих машин относится к категории средней тяжести [5]. Что же касается характеристики их деятельности с позиции занятости по времени, то здесь необходимо указать следующее.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005—88 различают постоянное и непостоянное рабочее место. К постоянным относят места, на которых работающий находится непрерывно более 2 ч, а к непостоянным — менее 2 ч. Вместе с тем условия деятельности операторов, особенно на тракторах при выполнении сельскохозяйственных работ, отличаются ярко выраженным прерывистым характером, поскольку здесь имеет место чередование нахождения

их в кабине и вне ее в течение рабочей смены. Так, для хлопководческого трактора установлено следующее среднее количество выходов из кабины при выполнении различных агротехнических операций: 9 (посев), 7 (внесение удобрений), 11 (междурядная обработка), от 14 до 26 (уборка хлопка) [4]. На мощных тракторах общего назначения время постоянного нахождения оператора хотя и более продолжительное, но и здесь оно не превышает 2 ч. Таким образом, в целом можно считать, что кабины машин относятся к категории непостоянных рабочих мест. При этом в отличие от стационарных помещений по выходе из кабины оператор подвергается воздействию высокой наружной температуры и солнечной радиации при выполнении им необходимых технологических процессов (т. е. его трудовая деятельность переносится за пределы кабины), что также является спецификой в затронутом вопросе, которая должна быть учтена при назначении параметров микроклимата и их обеспеченности в различных условиях внешней среды.

Требования к уровню параметров микроклимата

В соответствии с рекомендациями некоторых ученых [6] при рассмотрении вопроса нормирования микроклимата в первую очередь необходимо исходить из температурно-влажностных параметров климатических зон, где эксплуатируется объект. Климатические данные по параметрам наружного воздуха применительно к представительным населенным пунктам приведены в "Строительных нормах и правилах" [7] и классифицируются по группам "А" и "Б". В табл. 1 приведены данные для некоторых населенных пунктов.

В этой таблице температура по сухому термометру t_A означает среднюю температуру воздуха

Таблица 1

Расчетные климатологические данные представительных населенных пунктов

Зона	Представительный населенный пункт	Давление, мм рт. ст.	Группа "А"		Группа "Б"		Число жарких дней
			Температура				
			По сухому термометру t_A	По мокрому термометру $t_{МА}$	По сухому термометру t_B	По мокрому термометру $t_{МБ}$	
1	Ашхабад	730	36,0	19,7	39,0	21,0	150
2	Вологда	745	21,1	17,5	27,2	19,3	25
3	Воронеж	745	24,2	18,2	28,9	19,1	50
4	Грозный	745	28,8	21,2	34,9	22,0	100
5	Краснодар	730	28,6	20,1	30,8	21,1	100
6	Москва	745	22,3	17,6	28,5	18,9	50
7	Новосибирск	745	22,7	17,5	28,4	19,1	50
8	Оренбург	745	26,9	18,1	31,4	19,0	50
9	Хабаровск	745	24,1	19,8	28,4	42,1	50
10	Эльгон	760	29,4	19,8	33,2	20,5	100

в 13 ч самого жаркого месяца, а температура t_B есть средняя между t_A и экстремальной температурой для этой местности.

По данным работы [6] производительность установки кондиционирования воздуха должна выбираться с учетом уровня обеспеченности поддержания заданных параметров микроклимата, который характеризуется коэффициентом обеспеченности $K_{об}$. Он выражает долю случаев отсутствия отклонений этих параметров от общего числа случаев их наблюдений и определяется зависимостью:

$$K_{об} = (N_c - n_c)/N_c, \quad (1)$$

где N_c — общее число случаев; n_c — число случаев отклонений условий от расчетных.

Рекомендуемые в работе [6] значения коэффициентов обеспеченности параметров микроклимата в зависимости от характеристики помещений и требований к этим параметрам показаны в табл. 2 и 3.

Как указывалось ранее, деятельность операторов машин носит прерывистый характер с кратковременным или, по крайней мере, с ограниченным по времени пребыванием их в кабине. Поэтому здесь уровень требований к параметрам микроклимата относится к категории "низкий" (например, универсально-пропашные тракторы)

Таблица 2

Значения коэффициентов обеспеченности параметров микроклимата в зависимости от характеристики производственных помещений

Характеристика помещений	Уровень требований	$K_{об}$
Круглогодичное пребывание людей или круглогодичной технологической процесс	Высокий	0,9
Ограниченное по времени пребывание людей	Средний	0,7
Кратковременное пребывание людей	Низкий	0,5

Таблица 3

Значения коэффициентов обеспеченности параметров микроклимата в зависимости от требований к ним

Требования к параметрам микроклимата	Уровень требований	$K_{об}$
Технологические	Повышенный	1,0
	Высокий	0,9
	Средний	0,9
Оптимальные условия для работающих	Высокий	0,9
	Средний	0,7
Допустимые условия для работающих	Низкий	0,5

или "средний" (пахотные и промышленные машины), а УКВ кабин должны функционировать с коэффициентом обеспеченности $K_{об} = 0,5...0,7$. Это значит, что в экстремальных условиях климата (расчетная наружная температура выше t_B) для определенной местности даже хладоновые УКВ не могут обеспечивать установленный норматив по микроклимату. Отметим, что $K_{об} = 0,9...1,0$ относится лишь к УКВ уникального назначения, создаваемых для специальных объектов, и в этом случае расчетными внешними условиями также являются экстремальные условия климата, температура при которых характеризуется абсолютным максимумом для данной местности (указанная выше t_B). Для остальных же объектов в качестве расчетных наружных условий принимаются параметры группы "Б", при которых в кабинах согласно табл. 3 должны быть обеспечены допустимые параметры микроклимата с коэффициентом обеспеченности $K_{об} = 0,5$ или оптимальные с коэффициентом $K_{об} = 0,7$ при наличии соответствующих УКВ.

Рациональный температурный режим в кабине

В соответствии с ГОСТ 12.1.005—88 в теплый период года для категории работ средней тяжести на постоянных местах стационарных помещений регламентируется температура воздуха от 17 °С (нижний предел) до 29 °С (верхний предел), которую допускается повышать до 31 °С для зон с жарким климатом. Поскольку указанный стандарт не распространяется на рабочие места операторов мобильных машин, то можно предложить ликвидировать этот пробел в части кабин тракторов и сельхозмашин [8], и для выбора функциональных характеристик хладонового кондиционера кабины в качестве расчетной рекомендовать на рабочем месте температуру воздуха от 25 °С (нижний предел) до 28 °С (верхний предел). Однако это предложение требует соответствующей оценки.

Прежде всего отметим, что назначение таких температур явилось следствием того, что здесь состояние оператора рассматривалось лишь с позиции его трудовой деятельности в течение рабочей смены. При этом не учитывалось указанное выше обстоятельство частого чередования нахождения оператора в кабине и вне ее. Кроме того, не принят во внимание такой важный аспект, как адаптация человека к условиям среды обитания (постоянного места жительства).

Вместе с тем, при определении температуры на рабочем месте оператора машины необходимо иметь в виду, что возможность организма человека противостоять неблагоприятному воздействию нагревающего микроклимата непостоянна и возрастает при адаптации, но падает при



дезадаптации [9]. Обычно адаптация людей к условиям жаркого климата (акклиматизация) наступает в течение 1...5 лет. Следовательно, организм родившихся и затем постоянно живущих в жарком климате людей изначально приспособлен к этим условиям, и они являются для них естественной, в определенной мере нормальной средой обитания. При этом, если в таких жарких условиях внезапно наступает похолодание, то среди коренного населения возникает волна простудных заболеваний.

С учетом этого, указанное выше назначение температуры в кабине в 25 °С и даже 28 °С для условий жаркого климата с наружной температурой, например, $t_B = 39$ °С по табл. 1 (Ашхабад) обуславливает опасность возникновения вредного теплового воздействия на оператора машин, вызванного внезапным "искусственным" похолоданием среды его трудовой деятельности по сравнению со средой обитания. С этой позиции температура воздуха в кабине $t_K = 25...28$ °С будет, по существу, дискомфортной и к ней оператору придется адаптироваться в течение определенного времени рабочей смены. Отметим, что по данным физиологов [9], продолжительность адаптации человека составляет около 3 ч.

Поскольку вопрос безопасности жизнедеятельности человека следует рассматривать в более широком плане (т. е. не только за период его работы на машине), здесь должна решаться задача создания комфортного состояния среды обитания как в зонах трудовой деятельности, так и отдыха человека [8]. Таким образом, цикл жизнедеятельности оператора включает этапы отдых—труд—отдых. При этом отдых должен быть полноценным, снимающим полностью последствия напряженного труда. Иначе при необоснованном назначении параметров микроклимата не исключается следующая ситуация [4].

При отмеченной расчетной внешней температуре $t_B = 39$ °С и установившейся в кабине температуре 25 °С, поддерживаемой с помощью хладонового кондиционера в течение рабочей смены (так называемый "монотонный" микроклимат), оператор за этот период, в принципе, может в процессе труда адаптироваться к ней, если по каким-либо обстоятельствам его деятельность не была связана с выходом из кабины (в частности, например, работа на транспортных перевозках груза на относительно большое расстояние). По завершению работы, покинув кабину с температурой воздуха в ней $t_K = 25$ °С, оператор возвратится домой на отдых в помещение, где температура воздуха даже в ночное время достигает 30 °С, если днем было 39 °С.

Адаптировавшийся за рабочую смену к комфортным (с формальной точки зрения) условиям, оператор попадает затем в обычные для него бытовые условия, которые с той же формальной точки зрения следует признать дискомфортными,

и уже к ним ему придется привыкать, по крайней мере, в течение трех часов так называемого отдыха. Отсюда возникает противоречие между реализованными в кабине мероприятиями по оздоровлению микроклимата и привычными для оператора бытовыми условиями, к которым он адаптировался в течение всей своей жизни.

Иная ситуация возникает при прерывистом характере работы оператора, когда чередуется воздействие на него температур воздуха $t_K = 25$ °С и $t_B = 39$ °С. В этом случае из-за их значительного перепада возникает опасность теплового шока оператора и простудных заболеваний [9]. Следовательно, можно считать, что для исключения негативного теплового воздействия на оператора нижняя граница должна быть регламентирована. На важность этого обстоятельства в жизнедеятельности оператора указывалось в работе [5], где по предложению физиологов ограничивается величина перепада $t_\Delta = t_H - t_K$ в зависимости от наружной температуры воздуха t_H . Так, например, $t_\Delta = 5...6$ °С при $t_H = 22...23$ °С, $t_\Delta = 8...9$ °С при $t_H = 27...28$ °С и $t_\Delta = 13...15$ °С при $t_H = 38...40$ °С. При этом обращается внимание на то, что этот перепад наибольшую роль играет при эксплуатации объекта в районах с жарким климатом. Однако здесь при $t_H = 38...40$ °С величина $t_\Delta = 13...15$ °С не может быть реализована по указанным выше обстоятельствам.

Поскольку в ГОСТ 12.2.120—2015 необходимое указание отсутствует, можно было бы однозначно использовать рекомендацию работы [5], в которой указано, что конструкция УКВ должна исключать возможность его охлаждения в области головы водителя более чем на 8 °С относительно температуры внешней среды. Однако специфика эксплуатации машин и работы операторов в данном случае требует экспериментального обоснования принимаемых в дальнейшем рекомендаций, и в этом плане установлено рассмотренное ниже обстоятельство [10, 11].

При полевых испытаниях в регионе Средней Азии тракторов, оборудованных кабинами с водоиспарительным воздухоохладителем и хладоновым кондиционером, выявлено:

— при наружной температуре воздуха $t_H = 37,5$ °С с относительной влажностью $\varphi_H = 34$ % кондиционер обеспечил в кабине $t_K = 25,5$ °С при $\varphi_K = 42$ %, причем перепад температур $t_H - t_K = 12$ °С оценивался операторами как "холодно", и были зафиксированы случаи простудных заболеваний;

— в кабинах с испарительным охладителем получено, что при $t_H = 36$ °С и $\varphi_H = 20$ % в кабине достигнута $t_K = 29,2$ °С при $\varphi_K = 59$ % и скорости $v_K = 0,7...0,8$ м/с ($t_\Delta = 6,8$ °С — оценка "прохладно, но переносимо"), а при той же t_H и $\varphi_H = 44$ % зафиксирована $t_K = 31,6$ °С при $\varphi_K = 68$ % ($t_\Delta = 4,4$ °С — оценка "приятно").

Таким образом, подтверждена рекомендация о правомерности перепада между температурами внешней среды и на рабочем месте не более $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ [11], но для рассматриваемых машин этот перепад в среднем должен составлять $\Delta t_{\text{доп}} = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$, который учитывается далее.

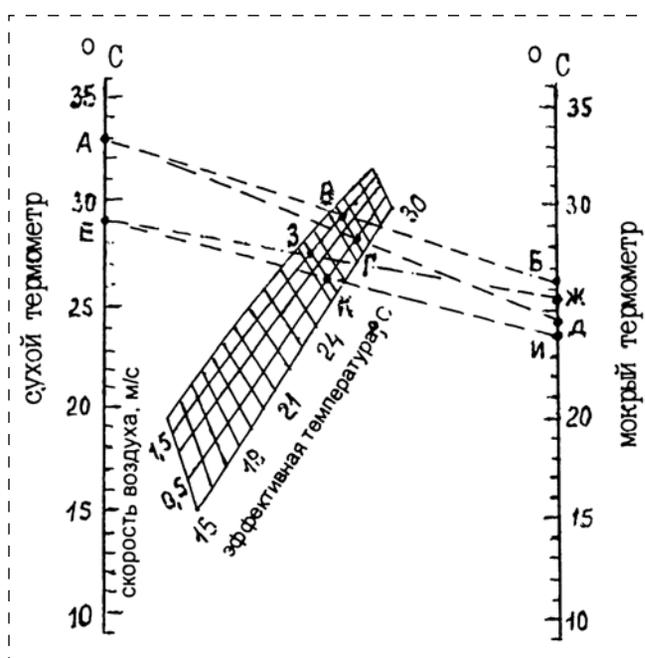
Что же касается верхней границы температуры t_k , то здесь в соответствии с рекомендациями работы [6] она должна устанавливаться как с учетом внешней среды, так и в зависимости от времени пребывания оператора в кабине, что в итоге связано с указанным ранее коэффициентом обеспеченности $K_{\text{об}}$ расчетных параметров микроклимата и уровнем предъявляемых к ним требований. Это в определенной мере учтено в ГОСТ 12.2.120—2015 применительно к кабинам, оснащенным водоиспарительными охладителями, где t_k не должно быть выше $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ при t_A до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ при t_A до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ при t_A более $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. При оснащении же кабины, например, хладоновым кондиционером предписывается, что температура t_k не должна превышать $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ во всех климатических районах эксплуатации машин. Однако с этим можно согласиться лишь в том случае, когда внешняя расчетная температура воздуха t_B составляет не более $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (т. е. при допустимом перепаде $t_B - t_k = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Когда же значение t_B превышает $34\text{ }^{\circ}\text{C}$, то расчетная t_k должна приниматься с учетом разности $t_k = t_B - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Например, при $t_B = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ашхабад по табл. 1) нормируемая температура должна составлять $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это не противоречит ГОСТ 12.2.120—2015, но дополняет его с позиции учета специфики обеспечения жизнедеятельности оператора машин.

Относительная влажность и скорость движения воздуха в кабинах

В ГОСТ 12.2.120—2015 указывается, что относительная влажность воздуха в кабине не должна превышать 60 %, а в районах с повышенным его влагосодержанием — 70 %. В то же время ГОСТ 12.1.005—88 для категории работ средней тяжести устанавливает оптимальную величину относительной влажности воздуха 40..60 % и допустимую 65 % (при температуре $26\text{ }^{\circ}\text{C}$) и 70 % (при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Отметим, что этот стандарт для легкой категории работ устанавливает допустимую относительную влажность 55 % (при температуре $28\text{ }^{\circ}\text{C}$) и 60 % (при температуре $27\text{ }^{\circ}\text{C}$). Таким образом, в кабинах машин нормирование относительной влажности воздуха следует производить в увязке с его температурой. Однако учитывая, что оптимальное значение относительной влажности 40..60 % по ГОСТ 12.1.005—88 принято только для оптимальной температуры $22\text{...}24\text{ }^{\circ}\text{C}$, вопрос остается открытым, требующим дополнительной проработки с учетом влияния как

этого параметра микроклимата на организм оператора, так и скорости воздуха на рабочем месте, значение которой в ГОСТ 12.2.120—2015 ограничено лишь величиной не более 1,5 м/с, хотя в ГОСТ 12.1.005—88 она составляет 0,2...0,5 м/с, а в рекомендации работы [8] не более 0,5 м/с. Для оценки совместного влияния на организм человека относительной влажности и скорости воздуха при определенной температуре необходимо иметь в виду следующее.

Исходя из субъективных реакций организма человека физиологами введены в практику условные количественные показатели в виде так называемых "эффективно-эквивалентных температур", отражающих совместное влияние на него в различном сочетании таких параметров микроклимата, как температура воздуха по сухому термометру t , его относительная влажность ϕ и скорость движения v . В этом случае эффективная температура t_3 с постоянным значением для конкретного случая обеспечивается при соответствующих вариантах указанных параметров микроклимата, что отражается графически на специальной номограмме. Это позволяет решать различные задачи, связанные с микроклиматом. Так, например, в работе [12] проведена оценка эффективности локального охлаждения оператора по варианту такой номограммы, где выделена комфортная зона, ограниченная значениями $v = 0,5\text{...}1,5\text{ м/с}$ и $t_3 = 17\text{...}22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поскольку в данном случае речь идет о предельно допустимых значениях температуры и относительной влажности и неизвестны граничные значения t_3 , то их диапазон на приведенной ниже номограмме изначально не обозначен.



Номограмма эффективно-эквивалентных температур



Используя рекомендованный в работе [13] принцип эквивалентности по воздействию на организм человека сочетаний параметров микроклимата, с помощью этой номограммы можно ответить на вопрос, какова должна быть относительная влажность воздуха в кабине при скорости его движения $v_k = 0,5$ м/с, если по ГОСТ 12.2.120—2015 она составляет 1,5 м/с для верхнего предела температуры $t_k = 33$ °С с относительной влажностью $\phi_k = 60$ %, которой соответствует $t_m = 26,5$ °С, определяемой известным способом по диаграмме $I-d$ [8]. Для этого между точкой А ($t_k = 33$ °С) на шкале температур по сухому термометру и точкой Б ($t_m = 26,5$ °С) на шкале температур по мокрому термометру проведем прямую линию и на ее пересечении с линией $v_k = 1,5$ м/с найдем точку В, лежащую на линии эффективной температуры $t_3 = 27,5$ °С. На ее пересечении с линией $v_k = 0,5$ м/с получим точку Г. Проведем прямую линию между точками А и Г, на ее пересечении со шкалой температур по мокрому термометру получим точку Д, соответствующую $t_m = 24,6$ °С ($\phi_k = 50$ % по диаграмме $I-d$). Отметим, что подобное построение для $v_k = 1,0$ м/с (не показано) дает значение $\phi_k = 55$ %.

Что же касается других расчетных значений предельных температур ($t_k = 32, 31, 30, 29$ °С), то может быть использована рекомендация ГОСТ 12.1.005—88 в части того, что начиная от верхней границы допустимой температуры 33 °С, относительная влажность воздуха должна повышаться на 5 % на каждый градус ее понижения. На основании изложенного предлагается табл. 4, отражающая связь между t_k , ϕ_k и v_k при их совместном действии на организм оператора.

Дополнительное аналогичное построение на приведенной выше номограмме для $t_k = 29$ °С (точка Е) при $\phi_k = 80$ % (точка Ж при $t_m = 25,5$ °С) позволило определить значение $t_3 = 25,4$ °С (точка З пересечения прямой Е — Ж с линией $v_k = 1,5$ м/с). Контрольное построение для этой же t_k при $\phi_k = 70$ % (точка И при $t_m = 24$ °С) показало, что на пересечении прямой Е — И с линией

$v_k = 0,5$ м/с в точке К также получается $t_3 = 25,4$ °С. Таким образом, на номограмме между линиями $v_k = 0,5...1,5$ м/с и $t_3 = 25,4...27,5$ °С выявляется зона (четырехугольник с вершинами в точках З, В, Г, К) рациональных сочетаний допустимых параметров микроклимата.

Ранее сообщалось, что в кабине с водоиспарительным охладителем в условиях сухого жаркого климата при наружной температуре $t_n = 36$ °С и $\phi_n = 20$ % достигнуты значения $t_k = 29,2$ °С, $\phi_k = 59$ % при средней скорости и $v_k = 0,75$ м/с. Сравнение этих показателей с данными табл. 4 свидетельствует, что в этом случае значения параметров микроклимата не выходят за рамки их сочетаний в варианте 4 и соответствуют ГОСТ 12.2.120—2015. Что же касается случая работы машины в условиях влажного жаркого климата при $t_n = 36$ °С и $\phi_n = 44$ %, где достигнуты $t_k = 31,8$ °С, $\phi_k = 88$ % и $v_k = 0,75$ м/с, то здесь значения допустимых параметров микроклимата находятся между вариантами 2 и 3. Это обуславливает для $t_k = 31,6$ °С и $v_k = 0,75$ м/с (при интерполяции) значение $\phi_k = 60$ % против достигнутой в эксперименте величины 68 %, что с формальной позиции не согласуется с табл. 4. Однако указанная величина $\phi_k = 68$ % не противоречит ГОСТ 12.2.120—2015, в котором для районов с влажным климатом допускается $\phi_k = 70$ %. Поэтому и во втором случае микроклимат в кабине соответствует требованию этого стандарта. Дополнительно отметим, что по данным табл. 4, если за счет регулирования направления подачи воздуха из охладителя обеспечить на рабочем месте $v_k = 1,5$ м/с, то возможно достичь расчетного значения $\phi_k = 67$ %, что практически совпадает с указанной величиной 68 %. Таким образом, номограмма способствует оптимизированию режима работы УКВ.

В итоге можно заключить, что предложенные в статье дополнения в ГОСТ 12.2.120—2015, касающиеся нижнего предела температуры воздуха в кабине за счет ограничения перепада между внешней и внутренней температурами на уровне 6...8 °С и нижнего предела скорости воздуха на уровне 0,5 м/с должны способствовать повышению качества кондиционирования воздуха в кабинах рабочих машин.

Таблица 4

Функциональная взаимосвязь допустимых параметров микроклимата кабин

Вариант сочетания параметров	Температура t_k , °С	Относительная влажность ϕ_k , %, при скорости v_k , м/с		
		1,5	1,0	0,5
1	33	60	55	50
2	32	65	60	55
3	31	70	65	60
4	30	75	70	65
5	29	80	75	70

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.005—88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. ГОСТ 12.2.120—2015. ССБТ. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности (дата введения 07.01.2017).
3. ГОСТ 12.0.002—2014. ССБТ. Термины и определения.
4. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Энергосберегающая система круглогодичного кондиционирования воздуха в производственном помещении // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 12 (192). — С. 14—19.

5. Лях Г. Д., Смола В. И. Кондиционирование воздуха в кабинах транспортных средств и кранов. — М.: Металлургия, 1982. — 128 с.
6. Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. Учеб. для вузов / Под ред. В. Н. Богословского. — М.: Стройиздат, 1985. — 367 с.
7. Строительные нормы и правила. СНиП 41-01—2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
8. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Калпина Н. Ю. Экологические системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса. М.: ИНФРА-М, 2018. Сер. Высшее образование: Бакалавриат.
9. Кощеев В. С., Кузнец Е. А. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур. — М.: Медицина, 1986. — 265 с.
10. Воздухоохладители для кабин хлопководческих тракторов / В. А. Михайлов, Л. Г. Окладников, Н. В. Школми, А. С. Супрун, Г. С. Вальдман // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1990. — № 7. — С. 10—12.
11. Михайлов В. А. Выбор и обеспечение расчетных параметров микроклимата в кабинах тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2002. — № 2. — С. 14—16.
12. Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Карев С. В. Нормализация теплового состояния оператора транспортного средства локальным охлаждением // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 9. — С. 2—9.
13. Тетеревников В. Н., Павлухин Л. В., Куксинская Т. В. Принцип эквивалентности условий микроклимата и преимущества его использования в практике кондиционирования воздуха. — Научные труды ВНИИОТ ВЦСПС. — М.: Профиздат, 1976. Вып. 102. — С. 38—42.

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

Features of the Choice of Microclimate Parameters in the Cabins of Working Machines

It is noted that the parameters of the microclimate for working machines should be primarily based on their design by SN and P 41-01—2003 climatic conditions of groups "B" areas of their operations, taking into account the heat intensity of the cabins and the specifics of the production activities of the operator. It is shown that according to the specific heat load $q_{уд}$ they belong to the category of "hot shops" and the activities of operator corresponds to the figure of "average weight" with a pronounced alternation of his location in the cabin and outside of its working shift of the result of which the requirements for microclimate parameters should correspond to the level is "medium or low" depending on the power of machines when the ratio of security this level to about $K_{об} = 0,5...0,7$.

At the same time, along with the adopted in GOST 12.2.120—2015, dependent on the outside temperature t_n of the upper limit of the temperature t_k in cabin from 28 to 33 °C, to exclude thermal shock of colds operators proposed its lower threshold by limiting the value of temperature difference $t_{\Delta} = t_n - t_k$ at its maximum value 8 °C according and the recommended rational value 6 °C. In addition to the requirement of GOST 12.2.120—2015 in terms of rationing the air speed in the cabin v_k is no more proposed to enter its lower limit 0,5 m/s in relation to relative humidity φ_k and air temperature t_k on the basis of the principle of equivalence of the joined action of the human body of combinations of parameters of a microclimate in a cabin t_k , φ_k and v_k .

Keywords: cabin of vehicle, parameters of microclimate, climatic conditions, labour of operator, temperature difference, heat shock operator

References

1. GOST 12.1.005—88. SSBT. Obschie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochei zoni.
2. GOST 12.2.120—2015. SSBT. Kabini i rabochie mesta operatorov traktorov samohodnih sel'skoxozyaystvennih mashin. Obschie trebovaniya bezopasnosti (data vvedeniya 07.01.2017).
3. GOST 12.0.002—2014. SSBT. Termini i opredeleniya.
4. Mihajlov V. A., Sotnikova E. V., Kalpina N. Yu. Energoberegayshaya sistema kruglogodovogo kondicionirovaniya vozduha v proizvodstvennom pomeshchenii. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2016. № 12 (192). P. 14—19.
5. Lyah G. D., Smola V. I. Kondicionirovanie vozduha v kabinah transportnih sredstv i kranov. Moscow: Metallurgiya, 1982. 128 p.
6. Bogoslovskii V. N., Kokorin O. Ya., Petrov L. V. Kondicionirovanie vozduha i holodosnabzhenie. Uchebnik dlya vuzov. Pod redakciei V. N. Bogoslovskii. Moscow: Stroyizdat, 1985. 367 p.
7. Stroitelnye normi i pravila. SN and P 41-01—2003. Otoplenie, ventililyaciya i kondicionirovanie.
8. Mihajlov V. A., Sotnikova E. V., Kalpina N. Yu. Ekologicheskiye sistemy zashchity vozduшной sredy ob'ektov avtotransportnogo kompleksa. Moscow: INFRA-M, 2018. Ser. Vysshee obrazovanie: Bakalavriat.
9. Koscheev V. S., Kuznec E. A. Fiziologiya i gigiena individualnoi zashchiti cheloveka v usloviyach visokih temperatur. Moscow: Medicina, 1986. 265 p.
10. *Vozduhoohladitely dlya kabin hlopkovodcheskih traktorov* / V. A. Mihailov, L. G. Shkolmi, N. V. Suprun, G. S. Valdman. *Traktori i sel'skoxozyaystvennie mashini*. 1990. No. 7. P. 10—12.
11. *Mihailov V. A. Vibor i obezspechenie raschetnih parametrov mikroklimate v kabinah traktorov. Traktori i sel'skoxozyaystvennie mashini*. 2002. No. 2. P. 14—16.
12. *Mihailov V. A., Sotnikova E. V., Karev S. V. Normalizaciya teplovogo sostojaniya operatora transportnogo sredstva lokalnim ohlajdeniem. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2008. No. 9. P. 2—9.
13. *Teternikov V. N., Pavlyhin L. V., Kyksinskaya T. V. Princip ekvivalentnosti uslovii mikroklimate i preimuschestva ego ispolzovaniya v praktike kondicionirovaniya vozduha. Nauchnie trudi VNIOT VCSPS*. Moscow: Profizdat, 1976. Vip. 102. P. 38—42.



УДК 69.059.2

С. И. Пименов, канд. техн. наук, ассистент, e-mail: sergeypimenov12@yandex.ru, Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Повышение безопасности и эффективности технологического процесса в строительстве путем его автоматизации

Представлен анализ и предпосылки автоматизации технологического процесса в строительстве — абразивной обработки (очистки) поверхности фасада зданий при ремонте, реконструкции и реставрации зданий и сооружений. На основе анализа наилучших доступных технологий обосновано техническое решение — применение робота вертикального перемещения для очистки поверхности фасадов в целях повышения безопасности, эффективности и скорости выполнения технологического процесса.

Ключевые слова: пескоструйная обработка, безопасность труда, пыль, силикоз, автоматизация строительного процесса

Введение

В условиях современных городов и неблагоприятного влияния атмосферных осадков фасады зданий требуют ремонта, реконструкции или реставрации. Причем в век развития технологий, в том числе и строительных, реконструкция старого фасада не стала большой проблемой. Все необходимые операции — демонтаж фасада, усиление и установка навесного фасада производятся качественно и в короткие сроки. Старение и разрушение — процесс закономерный и неизбежный, особенно в условиях нашего климата. Поэтому фасады требуют своевременного ремонта, который не стоит откладывать, так как они служат не только "визитной карточкой" зданий, но и обеспечивают его защиту от погодных агрессивных воздействий. При ремонте, реконструкции и реставрации зданий проводят работы по очистке, восстановлению и укреплению фасада [1–3].

Пескоструйная обработка считается самым эффективным способом, который позволяет вернуть кирпичной кладке привлекательный вид и увеличить срок ее эксплуатации [4, 5]. Пескоструйная обработка применяется при выполнении следующих работ:

- восстановление облицовки, в том числе проведение реставрационных мероприятий;
- очистка от старой краски или лакокрасочного покрытия;
- обработка фасадов после пожара для устранения сажи, копоти и прочих следов горения;
- при удалении плесени, синтетических или жировых загрязнений, грибка, ржавчины, высолов, образований мха, объемных граффити.

При пескоструйной обработке необходимо иметь в виду, что в процессе этой обработки поверхности зерна песка расщепляются на очень мелкие, почти невидимые частицы размером менее 5...10 мкм и эти частицы долгое время остаются в окружающем воздухе и вдыхаются рабочими-пескоструйщиками и всеми, кто находится вблизи места проведения очистительных работ. Болезнь, которая может появиться у людей, считается профессиональной и называется силикоз легких [6], возникающий из-за того, что человек во время работы вдыхает пыль диоксида кремния.

В России постановление о запрете использования песка для проведения абразивоструйных работ приняли только в 2003 г. Несмотря на постановление Главного санитарного врача РФ Г. Г. Онищенко от 26.05.2003 № 100 "О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил СП 2.2.2.1327—03", многие предприятия пользуются песком и в настоящий момент.

Есть ли способ как-то предотвратить силикоз легких? Наиболее эффективным способом является отказ от работы с песком. Но если оставить все как есть, то, по утверждению многих специалистов, болезнь будет развиваться стремительно, ведь запыление легких будет прогрессировать со временем.

Второй важной проблемой для рабочего-пескоструйщика является сильное шумовое воздействие от оборудования, которое негативно сказывается на самочувствии: поднимается давление, возникает головокружение и боли в голове [5].

Применение индивидуальных средств защиты, таких как промышленные наушники, защитный

костюм, рукавицы, шлем с подачей воздуха не обеспечивают 100 %-ной гарантии безопасности ведения работы.

Поскольку технология абразивной обработки имеет риск, связанный с развитием болезни силикоза или причинением механического повреждения рабочему-пескоструйщику, а также с сильным шумовым воздействием на него, необходимо искать альтернативное решение данному технологическому процессу с целью повышения безопасности человека. Механизация и автоматизация процесса абразивной обработки позволит решить вопрос безопасности труда рабочих на строительной площадке.

В настоящее время многие строительные работы (разработка грунта, монтаж конструкций и оснастки, бетонирование, изоляционные работы) выполняются преимущественно с использованием машин. Это позволяет сокращать сроки строительства и снижать связанные с этим затраты. В то же время в строительстве имеются некоторые технологические процессы или отдельные операции, в которых еще сохранился ручной труд.

Работа человека на вертикальных поверхностях и больших высотах всегда связана с определенным риском, поэтому реализация целенаправленных действий в экстремальных условиях с помощью роботов вместо людей часто является необходимым условием выполнения задач по контролю качества, окраски, очистки, мойки поверхностей зданий. Для обеспечения перемещения по наружным поверхностям зданий мобильные роботы могут оснащаться механическими, магнитными, адгезивными, пневматическими вакуумными захватными устройствами и др. [7, 8].

Исследования и разработка роботов вертикального перемещения ведутся в лабораториях и исследовательских центрах промышленно развитых стран мира [9–12]. Существенных результатов с применением роботов вертикального перемещения в промышленности достигли такие фирмы, как "Tokyo Gaze Limited", "Hitachi" (Япония), "International robotic technology" (США), Портсмутский университет и др. [13].

Объекты и методы исследований

Оценка экономической целесообразности роботизации отдельных строительных процессов осуществляется на основе анализа затрат и расчета их окупаемости. При этом учитывается совместимость внедряемых средств робототехники с другим технологическим оборудованием. Объекты роботизации считаются выбранными, если они обеспечивают экономический эффект. Решения о целесообразности внедрения средств

робототехники должны приниматься на основании экспертных оценок и заключения специалистов о том, что роботизация данных операций или процессов технически и экономически осуществима.

При использовании роботизированной технологии очистки фасадов зданий необходимо предварительно изучить проектную документацию зданий и сооружений, где предполагается использование роботов, особенности их конструктивных элементов. Роботизируемый технологический процесс должен иметь или допускать использование автоматической подачи материалов (абразивного порошка, воды) к рабочей зоне, оснащенные механизированным и автоматизированным инструментом, приспособлениями и оснасткой.

Анализ трудозатрат показал, что наиболее трудоемкими являются отделочные работы, которые составляют соответственно 25 % от общих трудозатрат по строительству надземной части здания. К трудоемким процессам можно отнести малярные работы и работы по очистке поверхностей стен, потолков.

Очистные работы отличаются технологичностью, позволяющей использовать роботов с традиционной структурной организацией. Однако выполнение указанных работ на отдельных участках фасада (лоджии, балконы) предъявляет ряд дополнительных требований к конструктивному исполнению роботов вертикального перемещения. Поэтому при роботизации процесса очистки поверхности фасада здания необходимо предусматривать возможность смены технологического инструмента и подачи различных абразивных материалов. Технология очистки предусматривает воздействие мощной струи воздуха (или воды) с частицами абразивного материала из сопла конструкции робота, расположенного на определенном расстоянии от обрабатываемой поверхности. При ручном методе очистки оптимальным расстоянием считается 15...20 см при выпуске струи под давлением 6...7 атм.

Технологическими особенностями процесса абразивной обработки поверхности фасадов, выполняемых распылением абразивного порошка под высоким давлением, является образование в рабочей зоне мелкодисперсной воздушной среды, пыли, которая вредна для рабочего персонала. Технологическими предпосылками роботизации в данном случае является наличие методов и средств подготовки и подачи к рабочему инструменту (соплу) абразивных материалов. Анализ технологий и оборудования для очистных работ показал, что данный вид работ является подготовленным для роботизации, так как выполнение этих работ обеспечено различными агрегатами



с автоматическим и дистанционным управлением для подачи и распыления абразива.

Робот для очистки фасадов зданий должен включать механизм перемещения и станцию управления, емкость для хранения абразивного материала и оборудование для его подачи, сопло с автоматической подачей струи с абразивным материалом. Перемещение робота в процессе работы должно обеспечивать поддержание постоянного расстояния до поверхности стены.

Проведенные разработки роботов вертикального перемещения в ряде стран, таких как Германия, Болгария, США, Польша, показали перспективность роботизации строительных работ. Применение роботов позволяет снизить трудоемкость, увеличить производительность работы и повысить безопасность выполнения окрасочных работ.

Результаты исследования

Рассмотрим работу робота вертикального перемещения на примере очистки поверхности абразивной обработкой. Очистка абразивной обработкой является сложной технологической операцией, которая распространена при ремонте зданий и сооружений. Данная операция является трудоемкой при выполнении вручную на вертикальных поверхностях, особенно на больших высотах. Абразивная обработка, производимая в условиях реконструкции зданий, относящихся к категории аварийных или ветхих, является опасной для человека.

Транспортные и технологические движения робота выполняются в программном и ручном режимах в соответствии с иерархической структурой управления. Для графического мониторинга и управления роботом вертикального перемещения используется главный компьютер. Очистка поверхности фасада состоит из последовательности пуска струи абразивного порошка и движения рабочего органа (сопла) в пределах каждой стоянки робота.

Во время очистки в рабочей зоне все крепления конструкции робота зафиксированы на поверхности стены — робот находится в неподвижном состоянии. После выполнения операции очистки робот перемещается на один шаг таким образом, чтобы новая рабочая зона лишь касалась зоны уже очищенной поверхности.

Заключение

Важным положительным фактором автоматизации является гарантированная безопасность для человека, повышение производительности труда, более высокое качество выполнения строительных

работ. Автоматические системы управления машинами лишены присущего человеку такого негативного фактора, как физическая усталость, вследствие которой к концу рабочей смены у машиниста притупляется четкость в координации управленческих движений, что может привести к травматизму и снижению производительности труда.

Экономическая эффективность использования роботов вертикального перемещения для очистки фасадов зданий и высотных сооружений достигается путем выполнения работ без специальных строительных лесов, навесов и других приспособлений, а также путем экономии времени при выполнении операций. Однако первостепенное значение имеет то, что данные технологии позволяют решить вопрос сохранения здоровья и жизни людей при работе на большой высоте.

Список литературы

1. **Технология** строительных процессов / А. А. Афанасьев, Н. Н. Данилов, В. Д. Копылов и др. — М.: Высшая школа, 2000. — 463 с.
2. **Девятаева Г. В.** Технология реконструкции и модернизации зданий. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 480 с.
3. **Федоров В. В.** Реконструкция и реставрация зданий. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 208 с.
4. **Козлов Д. Ю.** Бластинг. Гид по высокоэффективной абразивоструйной очистке. — Екатеринбург: ООО "ИД "Оригами", 2007. — 216 с.
5. **Козлов Д. Ю.** Практика безопасности при струйной очистке. — Екатеринбург: ООО "ИД "Оригами", 2012. — 240 с.
6. **Куликова Ю. С., Гойкалов А. Н.** Оценка современных способов решений утепления фасадов зданий при их реконструкции // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. — 2015. — № 1. — С. 348–354.
7. **Градецкий В. Г., Князьков М. М.** Состояние и перспективы развития роботов вертикального перемещения для экстремальных сред // Робототехника и техническая кибернетика. — 2014. — № 1. — С. 9–16.
8. **ГОСТ Р 60.0.3.1—2016** Роботы и робототехнические устройства. Виды испытаний.
9. **Васьковский А. М.** Строительные роботы: реальность и перспективы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2012. — № 2. — С. 79–83.
10. **Zavadskas E.** Automation and robotics in construction: International research and achievements // Automation in Construction. — 2010. — Vol. 19. — Issue 3. — P. 286–290.
11. **Choi H., Hana C., Leeb K.** et al. Development of hybrid robot for construction works with pneumatic actuator // Automation in Construction. — 2005. — Vol. 14. — Issue 4. — P. 452–459.
12. **Yun S.-K., Rus D.** Adaptation to robot failures and shape change in decentralized construction // Proceedings — IEEE International Conference on Robotics and Automation 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010. Сеп. "2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010" Anchorage, AK. — 2010. — P. 2451–2458.
13. **Побегайлов О. А., Кравченко И. В., Кожуховский С. О.** Мобильные роботы вертикального перемещения // Инженерный Вестник Дона. — 2010. — № 4. — С. 85–95.

S. I. Pimenov, Assistant, e-mail: sergeypimenov12@yandex.ru, Kazan State University of Architecture and Engineering

Improving the Safety and Efficiency of the Process in Construction by dint its Automation

The analysis and prerequisites for automation of the technological process in construction — abrasive treatment (cleaning) of the facade surface of buildings during the repair, reconstruction and restoration of buildings and structures are presented. Based on the analysis of the best available technologies, a technical solution is justified — the use of a vertical displacement robot for cleaning the surface of facades. Treatment works are technologically different, allowing the use of robots with a traditional structural organization.

An important positive factor of automation is the guaranteed safety for the person, increase of labor productivity, higher quality of construction works. Automatic control systems machines are deprived of inherent human such a negative factor as physical fatigue, due to which the end of the working shift at the driver blunted clarity in the coordination of management movements, which leads to a decrease in productivity.

Keywords: sandblasting, safety, dust, silicosis, automation of the construction process

References

1. **Tekhnologiya** stroitel'nyh processov / A. A. Afanas'ev, N. N. Danilov, V. D. Kopylov et al. Moscow: Vysshaja Shkola, 2000. 463 p.
2. **Devyataeva G. V.** Tekhnologiya rekonstrukcii i modernizacii zdaniy. Moscow: INFRA-M, 2005. 480 p.
3. **Fedorov V. V.** Rekonstrukciya i restavraciya zdaniy. Moscow: INFRA-M, 2003. 208 p.
4. **Kozlov D. Yu.** Blasting. Gid po vysokoehffektivnoj abrazivostrojnoj oчитске. Ekaterinburg: OOO "ID "Origami", 2007. 216 p.
5. **Kozlov D. Yu.** Praktika bezopasnosti pri strujnoj oчитске. Ekaterinburg: OOO "ID "Origami", 2012. 240 p.
6. **Kulikova Yu. S., Gojkalov A. N.** Ocenka sovremennyh sposobov reshenij utepleniya fasadov zdaniy pri ih rekonstrukcii. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokie tekhnologii. Ehkologiya.* 2015. No. 1. P. 348—354.
7. **Gradeckij V. G., Knyaz'kov M. M.** Sostoyanie i perspektivy razvitiya robotov vertikal'nogo peremeshcheniya dlya ehkstre-mal'nyh sred. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika.* 2014. No. 1. P. 9—16.
8. **GOST R 60.0.3.1—2016** Roboty i robototekhnicheskie ustrojstva. Vidy ispytaniy.
9. **Vas'kovskij A. M.** Stroitel'nye roboty: real'nost' i perspektivy. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI).* 2012. No. 2. P. 79—83.
10. **Zavadskas E.** Automation and robotics in construction: International research and achievements. *Automation in Construction.* 2010. Vol. 19. Issue 3. P. 286—290.
11. **Choi H., Hana C., Leeb K.** et al. Development of hybrid robot for construction works with pneumatic actuator. *Automation in Construction.* 2005. Vol. 14. Issue 4. P. 452—459.
12. **Yun S.-K., Rus D.** Adaptation to robot failures and shape change in decentralized construction. *Proceedings — IEEE International Conference on Robotics and Automation 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010. Ser. "2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2010".* Anchorage, AK, 2010. P. 2451—2458.
13. **Pobegajlov O. A., Kravchenko I. V., Kozhuhovskij S. O.** Mobil'nye roboty vertikal'nogo peremeshcheniya. *Inzhenernyj Vestnik Dona.* 2010. No. 4. P. 85—95.



28-я Международная выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты

12—14 ноября 2019. Санкт-Петербург. ВК "Ленэкспо"

Разделы выставки:

- Системы пожаротушения и огнезащиты
- Оборудование и компоненты для охранно-пожарной сигнализации
- Системы видеонаблюдения
- Системы контроля и управления доступом

Подробности: <https://sfitex.ru>



УДК 519.233.35; 612.014.45

С. Д. Чистов, канд. мед. наук, зам. начальника отдела — зав. лабораторией, e-mail: sd.chistov@gmail.com, **Ю. А. Кукушкин**, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотр., **С. К. Солдатов**, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр., **А. В. Богомолов**, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотр., **Ю. Ю. Кисляков**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., **Е. Г. Герасимова**, науч. сотр., Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации

Методическое обеспечение оценивания профессиональной работоспособности оператора в условиях воздействия интенсивного авиационного шума

Рассмотрены вопросы методического обеспечения оценивания профессиональной работоспособности оператора эргатической системы в условиях воздействия интенсивного авиационного шума, основанное на применении дискриминантного анализа и иерархической структуры показателей, характеризующих качество, структуру деятельности и психофизиологическое состояние оператора. Синтезирован интегральный показатель профессиональной работоспособности оператора и составляющие его показатели более низкого уровня иерархии, характеризующие качество пилотирования, структуру управляющих воздействий оператора на орган управления и психофизиологическое состояние оператора. Представлена критериальная функция, задающая решающее правило, позволяющее достоверно разделить обследованных операторов на два класса: полет без воздействия интенсивного авиационного шума, полет с воздействием интенсивного авиационного шума. Приведен количественно подтвержденный вывод о негативном влиянии авиационного шума на качество пилотирования, структуру управляющих воздействий оператора на орган управления эргатической системой и на функциональное состояние операторов. Отмечено, что полученные результаты применимы для оценивания профессиональной работоспособности операторов эргатических систем, эксплуатация которых осуществляется или сопряжена с акустическим воздействием на оператора.

Ключевые слова: шум, работоспособность, дискриминантный анализ, иерархическая структура, качество пилотирования, управляющие воздействия летчика, функциональное состояние

Введение

Исследования профессиональной деятельности авиационного персонала, подвергающегося воздействию авиационного шума, выполненные с использованием положений концепции потенциальной ненадежности действия оператора, показали необходимость разработки и реализации специальных средств и методов обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности персонала как неотъемлемой части системы эксплуатации воздушного транспорта [1, 2].

Действие высокоинтенсивных шумов приводит к снижению работоспособности и появлению признаков утомления у летного состава. Работоспособность при чрезмерном шумовом воздействии (выше 85 дБА) снижается в зависимости от напряженности и тяжести труда. Наибольшее снижение (15...20 %) зарегистрировано при выполнении сложных психомоторных операций, наименьшее (до 15 %) — преимущественно при физическом труде [1, 3].

В практике проведения эргономических исследований при изучении воздействия на организм человека-оператора вредных и опасных факторов приходится решать задачи оценивания изменения комплексных (интегральных, агрегативных) показателей, характеризующих его свойства. В значительном числе случаев эти исследования носят экспериментально-теоретический характер и проводятся на связанных выборках, которые содержат совокупность значений одинаковых показателей, измеренных в разных условиях у одних и тех же операторов.

Одним из важнейших свойств человека-оператора является его профессиональная работоспособность (ПР). Профессиональная работоспособность — это потенциальная возможность индивида выполнять целесообразную профессиональную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Применительно к операторским профессиям ее рассматривают как состояние человека-оператора, определяемое возможностью физиологических и психических

функций организма, которое характеризует его способность выполнять конкретную работу. В контексте профессиональной деятельности основные черты операторской профессии в концентрированном виде присущи авиаторам [1, 3], поэтому конкретные данные по используемым в статье показателям работоспособности, а также по применению предложенной методики их оценки приведены на примере результатов научных исследований, выполненных в авиации [4, 5].

Методы исследования

В целях всесторонней характеристики профессиональной работоспособности операторов авиационного профиля целесообразно применять многоуровневую структуру показателей ее свойств, которую в квалиметрии называют иерархическим "деревом свойств" [6, 7]. Уровень ПР летного состава проявляется в комплексных (интегральных) показателях, характеризующих:

- качество профессиональной деятельности (интегральный показатель качества пилотирования — ИПКП);

- структуру управляющих воздействий на ручку управления самолета (интегральный показатель структуры управляющих воздействий — ИПСУВ);

- психофизиологическое состояние (интегральный показатель психофизиологического состояния — ИППФС).

Показатель профессиональной работоспособности (ППР) является интегральным показателем, синтез оценки которого осуществляется по иерархической схеме. Иерархия, используемая для оценивания ПР, состоит из нескольких уровней (рис. 1).

Верхним уровнем иерархии является показатель профессиональной работоспособности (1-й уровень). Он формируется из интегральных показателей ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, непосредственно связанных с верхним уровнем, и составляющих три основных ветви 2-го уровня иерархии. Значения показателей этого уровня получают путем агрегации значений показателей расположенного ниже 3-го уровня иерархии (совокупность единичных показателей, применяемых для оценивания ИПКП, ИПСУВ, ИППФС).

Синтез интегральных показателей предполагает структурную и параметрическую идентификацию функции

$$S_j = F(x_{l,j+1}, a_{l,j+1}), \quad (1)$$

где S_j — интегральный показатель j -го уровня иерархии; $a_{l,j+1}$ — коэффициент весомости l -го

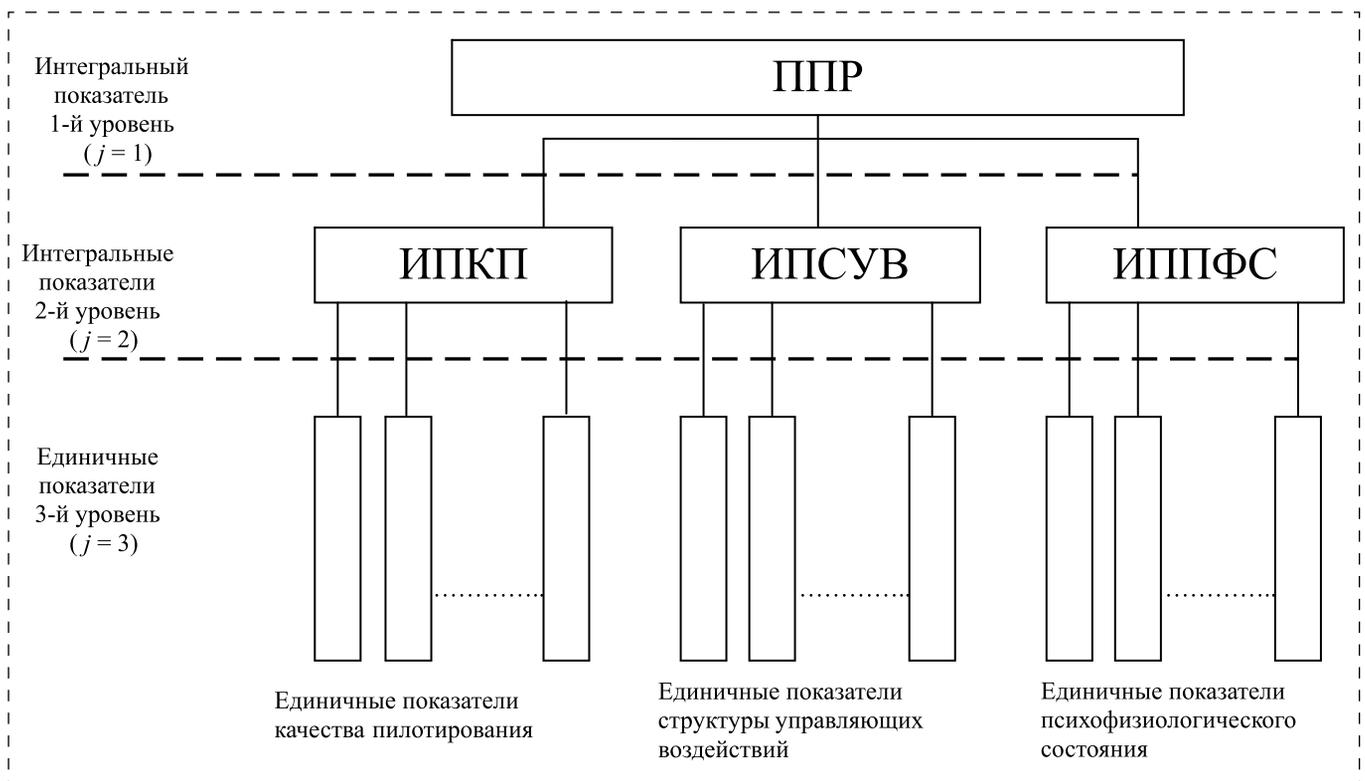


Рис. 1. Многоуровневая иерархическая структура интегральных и единичных показателей профессиональной работоспособности летчика



показателя $(j + 1)$ -го уровня иерархии; $x_{l,j+1}$ — значение l -го показателя $(j + 1)$ -го уровня иерархии.

Структурная идентификация функции (1) осуществляется с использованием следующей формулы:

$$S_j = \sqrt[k]{\frac{\sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1} x_{l,j+1}^k}{\sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1}}}, \quad (2)$$

где k — параметр логики агрегации.

Задавая различные значения параметру k , можно получить разные виды интегральных показателей. Как правило, сумма весовых коэффициентов на всех уровнях иерархии j удовлетворяет условию

$$\sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1} = 1. \quad (3)$$

С учетом условия (3) выражения для вычисления интегральных показателей имеют вид, представленный в табл. 1.

Вид интегрального показателя S_j выбирается для каждого конкретного случая в зависимости от характеристик входящих в него показателей и условий их применения. Наиболее широко в квалиметрии используются аддитивный взвешенный, квадратический взвешенный показатели формул (6) и (7), позволяющие оценить интегральные показатели, входящие в иерархическую структуру с небольшим разбросом слагаемых $a_{l,j+1}$, $x_{l,j+1}$. При значительном разбросе слагаемых целесообразно использовать гармонический взвешенный показатель — формула (4), а при оценке разнородных показателей — геометрический — формула (5) [7].

Таблица 1

Формулы для расчета интегральных показателей

Параметр логики агрегации	Наименование интегрального показателя	Математическое выражение
$k = -1$	Гармонический взвешенный	$S_j = 1 / \sqrt[n_{j+1}]{\sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1} / x_{l,j+1}} \quad (4)$
$k = 0$	Геометрический взвешенный	$S_j = \sqrt[n_{j+1}]{\prod_{l=1}^{n_{j+1}} x_{l,j+1}^{a_{l,j+1}}} \quad (5)$
$k = 1$	Аддитивный взвешенный	$S_j = \sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1} x_{l,j+1} \quad (6)$
$k = 2$	Квадратический взвешенный	$S_j = \sqrt{\sum_{l=1}^{n_{j+1}} a_{l,j+1} x_{l,j+1}^2} \quad (7)$

При работе со связанными стандартизированными выборками, в которых разброс слагаемых $a_{l,j+1} x_{l,j+1}$, как правило, невелик, поэтому при синтезе интегральных показателей целесообразно использовать аддитивный взвешенный показатель — формула (6).

Показатели как единичные, так и интегральные, находящиеся на разных уровнях иерархии, могут иметь различную значимость (важность, весомость). Часто для определения коэффициентов весомости $a_{l,j+1}$, входящих в формулу (2), используют экспертные методы, реализация которых достаточно трудоемка. Это связано с тем, что реализация этих методов требует проведения процедуры формирования экспертной группы, включающей определение качественного и количественного состава группы экспертов, исходя из их компетентности, полноты представляемых ими данных, совпадения результатов экспертизы. Поэтому, когда это возможно, целесообразно применять аналитические методы определения коэффициентов весомости. Эти методы при использовании связанных выборок должны удовлетворять следующим требованиям:

— учитывать вклад каждого показателя, находящегося на различных уровнях иерархии и используемого для оценивания профессиональной работоспособности оператора, в процесс идентификации его принадлежности к анализируемым выборкам;

— учитывать количественные характеристики качества распознавания принадлежности операторов к разным выборкам.

Указанным требованиям соответствуют коэффициенты дискриминантных функций (ДФ), полученные в результате применения дискриминантного анализа (ДА) к стандартизированным данным, зарегистрированным в связанных выборках. Стандартизация достигается путем использования соотношения

$$x_{l\text{ст}}^i = \frac{x_l - M_l}{\sigma_l}, \quad (8)$$

где $x_{l\text{ст}}^i$ — стандартизированное значение l -го показателя у i -го оператора; M_l , σ_l — соответственно среднее значение и среднее квадратическое отклонение (СКО) l -го показателя, вычисленные по всей совокупности данных двух сопряженных выборок $U1$ и $U2$.

Эта процедура позволяет исключить влияние на весовые коэффициенты различий единиц измерения и диапазонов изменения показателей.

В матричном виде выражение для вычисления коэффициентов дискриминантных функций, используемых для определения принадлежности

операторов к одной из двух сопряженных стандартизированных выборок ($U1$ и $U2$), имеет вид [8]:

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_{l,j+1} &= \mathbf{W}_{l,j+1}^{-1} \bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1} - \mathbf{W}_{l,j+1}^{-1} \bar{\mathbf{x}}_{U1,j+1} = \\ &= \mathbf{W}_{l,j+1}^{-1} (\bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1} - \bar{\mathbf{x}}_{U1,j+1}), \end{aligned} \quad (9)$$

где $\mathbf{a}_{l,j+1}$ — вектор-столбец l -х коэффициентов ДФ для $(j+1)$ -го уровня иерархии; $\mathbf{W}_{l,j+1}^{-1}$ — матрица, обратная ковариационной матрице \mathbf{W} для l -х показателей двух объединенных сопряженных выборок $(j+1)$ -го уровня иерархии; $\bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1} - \bar{\mathbf{x}}_{U1,j+1}$ — разность векторов средних значений l -х показателей $(j+1)$ -го уровня иерархии в двух сопряженных выборках ($U1$ и $U2$).

Средние значения стандартизированных переменных равны нулю. Следовательно, вектор средних значений $\bar{\mathbf{X}}_{l,j+1}$ l -х стандартизированных показателей двух объединенных сопряженных выборок $(j+1)$ -го уровня иерархии является нулевым вектором — $\mathbf{0}$, т. е. $\bar{\mathbf{X}}_{l,j+1} = \bar{\mathbf{x}}_{U1,j+1} + \bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1} = \mathbf{0}$. Отсюда следует равенство $\bar{\mathbf{x}}_{U1,j+1} = -\bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1}$. С учетом этого соотношения формулу (9) можно записать в виде

$$\mathbf{a}_{l,j+1} = 2\mathbf{W}_{l,j+1}^{-1} \bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1}, \quad (10)$$

Принимая во внимание равенство (10), выражение ДФ на $(j+1)$ -м уровне иерархии для рассматриваемых условий отобразится таким образом:

$$d_{j+1} = 2(\bar{\mathbf{x}}'_{U2,j+1} \mathbf{W}_{l,j+1}^{-1}) \mathbf{x}_{l,j+1}, \quad (11)$$

где $\bar{\mathbf{x}}'_{U2,j+1}$ — транспонированный вектор (вектор-строка) вектора $\bar{\mathbf{x}}_{U2,j+1}$; $\mathbf{x}_{l,j+1}$ — вектор l -х показателей $(j+1)$ -го уровня иерархии.

Вектор $\mathbf{x}_{l,j+1}$ относится к $U2$, если

$$d_{j+1} = 2(\bar{\mathbf{x}}'_{U2,j+1} \mathbf{W}_{l,j+1}^{-1}) \mathbf{x}_{l,j+1} \geq \mathbf{0}.$$

Как было отмечено выше, при использовании формул (4)—(7) должно выполняться условие (3). В связи с этим необходимо произвести нормирование коэффициентов, определяемых по формуле (10):

$$\tilde{a}_{i,j+1} = |a_{i,j+1}| / \left| \sum_{i=1}^l |a_{i,j+1}| \right|, \quad (12)$$

где $\tilde{a}_{i,j+1}$ — нормированный коэффициент веса i -го показателя $(j+1)$ -го уровня иерархии; прямые скобки обозначают абсолютные значения соответствующих коэффициентов.

Качество синтезированной дискриминантной функции — см. формулу (11) и ее коэффициентов — см. формулы (10) и (12) оценивается с помощью ряда критериев.

Мерой качества ДФ является лямбда-статистика Уилкса (Λ -Уилкса) [9]. Она характеризует различия между классами по нескольким измеряемым показателям. Диапазон изменения Λ -Уилкса $[0, \dots, 1]$. Ее значения, близкие к нулю, говорят о высоком уровне дискриминации, а значения близкие к 1 — о низком уровне дискриминации. На основе лямбда-статистики Уилкса можно получить тест значимости p , аппроксимируя эту величину F -распределением. О качестве ДФ свидетельствуют и результаты классификации операторов (определения принадлежности к исследуемым выборкам).

Для оценки индивидуального вклада (веса) каждого показателя в дискриминацию (разделение) объектов также используются значения Λ -Уилкса исключения (Λ -Уилкса искл.), критерия Фишера (F -критерия), а также уровня его значимости p -уровня [9]. В этом случае значение Λ -Уилкса искл. является результатом исключения соответствующего показателя из ДФ. При исключении показателя из модели происходит потеря части информации об объекте. Чем больше значение Λ -Уилкса искл., тем более желательно присутствие этого показателя в процедуре дискриминации. Чем больше значение F -критерия и меньше p -уровень., тем больше вклад переменной в процедуру дискриминации. Переменные, для которых уровень значимости больше 0,05 из модели можно исключить.

Использование этих критериев обеспечивает выполнение ранее сформулированных требований к коэффициентам весомости, входящим в выражения взвешенных интегральных показателей формул (4)—(7).

Значения интегральных показателей, характеризующих ППП, принято представлять в пятибалльной шкале. Стандартизация показателей отражает их значения в единицах стандартного отклонения. Поскольку очень небольшое число значений может находиться вне окрестности радиуса, равного 2,5 стандартным отклонениям (1,24 %), то формулу (6) для стандартизированных переменных можно представить в виде

$$S_j^i = 2,5 - \sum_{l=1}^{n_{j+1}} \left(\frac{x_{l,j+1}^i - M(x_{l,j+1})}{STD(x_{l,j+1})} \right) \tilde{a}_{i,j+1}, \quad (13)$$

где S_j^i — интегральный показатель j -го уровня иерархии у i -го оператора; $x_{l,j+1}^i$ — значение l -го показателя $(j+1)$ -го уровня иерархии у i -го оператора; $M(x_{l,j+1})$ — среднее значение l -го показателя $(j+1)$ -го уровня иерархии; $STD(x_{l,j+1})$ — стандартное отклонение l -го показателя $(j+1)$ -го уровня иерархии; n_{j+1} — количество регистрируемых показателей на $(j+1)$ -м уровне иерархии.



Диапазон изменения интегральных показателей составляет [0...5] безразмерных величин (баллов). При увеличении значений показателей $x_{l,j+1}^i$ значения S_j^i уменьшаются.

Формула (13) используется для вычисления интегральных показателей самого низкого уровня иерархии, на котором впервые осуществляется агрегация единичных показателей. В данном случае таковым является второй уровень, на котором определяются значения оценок ИПКП, ИПСУВ, ИППФС. Для нахождения интегральных показателей более высокого уровня иерархии нет необходимости в стандартизации уже стандартизированных показателей. Вычисление интегральных показателей при этом выполняется по одной из формул (4)–(7), весовые коэффициенты в которых определяются по формулам (10), (12). При вычислении ППР i -го оператора, использовался аддитивный взвешенный показатель:

$$\text{ППР}_i = a_{\text{ИПКП}_i} \text{ИПКП}_i + a_{\text{ИПСУВ}_i} \text{ИПСУВ}_i + a_{\text{ИППФС}_i} \text{ИППФС}_i,$$

где $a_{\text{ИПКП}_i}$, $a_{\text{ИПСУВ}_i}$, $a_{\text{ИППФС}_i}$ — весовые коэффициенты при соответствующих интегральных показателях.

Материалы исследования

Изложенная методика оценивания профессиональной работоспособности была использована в исследованиях по изучению влияния высокоинтенсивного авиационного шума на операторов авиационного профиля при выполнении полетного задания на полунатурном моделирующем комплексе (ПМК). Измерение и анализ единичных показателей, по которым определялись значения ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, проводились на одной и той же выборке обследуемых лиц (12 человек) в условиях воздействия шума и при его отсутствии. Воздействие представляло собой авиационный шум с уровнем звука выше 95 дБА в течение всего выполнения полетного задания длительностью 1 ч.

Летчиками-инструкторами был разработан маршрут для полетного задания на ПМК, включающий в себя исходную точку над аэродромом и шесть поворотных пунктов маршрута (ППМ), находящихся над водной поверхностью.

При выполнении полетного задания следовало выдерживать заданные пилотажно-навигационные параметры, последовательно проходя все ППМ. Контроль указанных параметров осуществлялся с использованием специально созданных для этой цели программных средств. Регистрировались следующие параметры полета: dH — отклонение воздушного судна (ВС) от заданной высоты, dV — отклонение ВС от заданной

скорости полета, $d\Psi$ — отклонение ВС от заданного курса, $d\gamma$ — отклонение ВС от заданного угла крена при выполнении виража. По ряду значений перечисленных показателей производилось вычисление оценок их средних отклонений (M) и среднеквадратических отклонений (STD) за весь полет: $M(dH)$, $STD(dH)$, $M(dV)$, $STD(dV)$, $M(d\Psi)$, $STD(d\Psi)$, $M(d\gamma)$, $STD(d\gamma)$. Значения указанных величин определялись также при выполнении виража и помечались индексом "вир". Эти единичные показатели использовались для определения значений интегрального показателя второго уровня иерархии — ИПКП.

В качестве единичных показателей ИПСУВ при выполнении полетного задания использовались структурные элементы траектории перемещения ручки управления (РУ), совокупность которых составляет управляющие воздействия летчика (УВЛ). Анализ УВЛ производился в боковом ($X_{\text{бок}}$) и продольном ($X_{\text{пр}}$) каналах управления.

УВЛ оценивались по амплитудным характеристикам: среднеквадратическому отклонению (СКО) перемещения РУ, средней амплитуде движений (A) и действий ($A_{\text{дст}}$), частотным характеристикам (частотам движений (F), рабочих движений ($F_{\text{раб}}$) и действий ($F_{\text{дст}}$)).

Действие определяется как перемещение РУ в интервале времени от момента ее отклонения от нейтрального положения более чем на величину порога абсолютной чувствительности ($\Delta\text{РУ}$), до момента, когда отклонение РУ достигает исходного положения.

К движениям относятся реализации процесса отклонения РУ, заключенные между смежными точками, в которых значения скорости отклонения РУ равны нулю, а амплитуда перемещения между ними превышает $\Delta\text{РУ}$.

Движения, связанные с перемещением РУ, начинающиеся с нейтрального положения РУ или пересекающие его и выходящие за границу $\pm 1,5\Delta\text{РУ}$, относятся к рабочим. Рабочими являются высокоамплитудные движения, влияющие на динамику полета.

В целях определения интегральной оценки уровня психофизиологического состояния операторов и его динамики был использован диагностический комплекс, состоящий из частоты сердечных сокращений (ЧСС); частоты дыхательных движений (ЧДД); фазического компонента кожно-гальванической реакции (КГР).

Результаты

Последовательность определения ППР включала несколько этапов. По таблице стандартизированных значений единичных показателей

качества деятельности, структуры управляющих воздействий, психофизиологического состояния обследуемых лиц (третий уровень иерархии), применяя метод последовательного включения переменных [6], по формуле (10) определялись коэффициенты трех ДФ, используемых для распознавания принадлежности операторов к двум классам: 1) полет без воздействия фактора; 2) полет с воздействием фактора. В дальнейшем будем обозначать эти классы как "Фон" — "Воздействие". По формуле (12) осуществлялось нормирование вычисленных коэффициентов ДФ. С использованием пакета статистических прикладных программ производилось определение количества правильных и ошибочных решений при распознавании принадлежности обследуемых лиц к анализируемым классам. Коэффициенты ДФ, коэффициенты веса показателей (нормированные коэффициенты ДФ) компонентов ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, а также характеристики качества ДФ (*Λ-Уилкса*, *Λ-Уилкса искл.*, *F-критерий*, *F-искл.*, уровень значимости — *p*), представлены в табл. 2.

Из информационной части табл. 2 (строки "Итоги анализа...") следует, что классификация обследуемого персонала на классы "Фон" — "Воздействие" по единичным показателям, характеризующим ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, осуществлена успешно, так как уровень значимости *F-критерия* — $p < 0,05$ для всех ДФ.

С учетом значений: *Λ-Уилкса*, нормированных коэффициентов ДФ (коэффициентов весомости), *Λ-Уилкса искл.*, *F-критерия*, *F-искл.*, уровня значимости *p* в уравнение ДФ ИПКП были включены следующие показатели: $M(dH)$, $STD(dH)$, $M(d\psi)$, $STD(dH)_{\text{вир}}$, $STD(dV)$, $M(dV)_{\text{вир}}$; в уравнение ДФ ИПСУВ — $F_{\text{раб бок}}$, $F_{\text{бок}}$, $CKO_{\text{пр}}$, $A_{\text{пр}}$, $A_{\text{дст бок}}$, $A_{\text{бок}}$; в уравнение ДФ ИППФС — *ЧСС*, *ЧДД*, фазический компонент *КГР*.

Следует отметить, что при синтезе ДФ методом последовательного включения единичных показателей в их состав вошел ряд показателей, уровень значимости *p* которых больше 0,05 (см. табл. 2). Это связано с тем, что их исключение из состава компонентов ДФ увеличивает значения *Λ-Уилкса* и уровня значимости *p*, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты и характеристики качества ДФ, коэффициенты весомости компонентов ИПКП, ИПСУВ, ИППФС

Показатели	Абсолютные значения коэффициентов ДФ	Коэффициент весомости показателя	<i>Λ-Уилкса искл.</i>	<i>F-искл.</i> (1, 17)	Уровень значимости <i>p</i>
ИПКП					
Итоги анализа дискриминантных функций. <i>Λ-Уилкса</i> : 0,19721, пригл. $F(6,17) = 11,534$, $p < 0,0000$					
<i>M(dH)</i>	10,164	0,283	0,643	36,367	0,000
<i>STD(dH)</i>	4,496	0,125	0,267	3,944	0,067
<i>M(dψ)</i>	5,848	0,163	0,32	8,5	0,010
<i>STD(dH)вир</i>	6,492	0,181	0,279	5,015	0,041
<i>STD(dV)</i>	4,914	0,137	0,275	4,625	0,049
<i>M(dV)вир</i>	4,024	0,112	0,238	1,434	0,266
ИПСУВ					
Итоги анализа дискриминантных функций <i>Λ-Уилкса</i> : 0,48582, пригл. $F(6,17) = 2,9987$, $p < 0,0347$					
$F_{\text{раб бок}}$	10,539	0,213	0,65	4,986	0,041
$A_{\text{пр}}$	4,924	0,100	0,629	4,251	0,058
$A_{\text{дст бок}}$	12,606	0,255	0,687	6,267	0,024
$A_{\text{бок}}$	8,963	0,182	0,645	4,789	0,045
$CKO_{\text{пр}}$	4,789	0,097	0,612	3,655	0,077
$F_{\text{бок}}$	7,558	0,153	0,584	2,676	0,128
ИППФС					
Итоги анализа дискриминантных. функций <i>Λ-Уилкса</i> : 0,62844, пригл. $F(3,20) = 3,9416$, $p < 0,0232$					
ЧСС	3,544	0,340	0,824	5,544	0,0303
ЧДД	2,852	0,274	0,717	2,12	0,1716
Фазический компонент КГР	4,017	0,386	0,953	9,635	0,0058



Путем подстановки в формулу (13) числовых значений коэффициентов весомости (см. табл. 2) и статистических характеристик показателей, используемых для оценивания качества пилотирования, структуры управляющих воздействий, психофизиологического состояния, осуществлен синтез аналитических выражений (14)—(16) для вычисления ИПКП, ИПСУВ, ИППФС у i -го оператора.

$$\text{ИПКП}_i = 2,5 - \left[\left(\frac{M(dH)_i - 2,916}{1,144} \right) 0,283 + \left(\frac{STD(dH)_{\text{ивир}} - 6,08}{3,679} \right) 0,125 + \left(\frac{M(d\Psi)_i - 2,144}{1,291} \right) 0,163 + \right. \\ \left. + \left(\frac{STD(dV)_i - 4,433}{2,129} \right) 0,181 + \left(\frac{STD(dH)_i - 2,725}{1,292} \right) 0,137 + \left(\frac{M(dV)_{\text{ивир}} - 12,981}{10,644} \right) 0,112 \right]; \quad (14)$$

$$\text{ИПСУВ}_i = 2,5 - \left[\left(\frac{F_{\text{раб.бок}i} - 6,558}{1,647} \right) 0,213 + \left(\frac{A_{\text{при}i} - 10,665}{1,680} \right) 0,1 + \left(\frac{A_{\text{дст.бок}i} - 2,419}{2,171} \right) 0,255 + \right. \\ \left. + \left(\frac{A_{\text{бок}i} - 15,675}{3,501} \right) 0,182 + \left(\frac{\text{СКО}_{\text{при}i} - 3,951}{0,817} \right) 0,097 + \left(\frac{F_{\text{бок}} - 8,261}{2,164} \right) 0,153 \right]; \quad (15)$$

$$\text{ИППФС}_i = 2,5 - \left[\left(\frac{\text{ЧСС}_i - 74,968}{10,753} \right) 0,34 + \left(\frac{\text{ЧДД}_i - 21,282}{2,853} \right) 0,274 + \left(\frac{\text{КГР}_i - 898,941}{714,414} \right) 0,386 \right]. \quad (16)$$

Таблица 3

Средние значения интегральных показателей в классах "Фон" — "Воздействие"

Показатель	ИПКП		ИПСУВ		ИППФС	
	Фон	Воздействие	Фон	Воздействие	Фон	Воздействие
Среднее значение	2,820	2,341	2,711	2,196	2,550	2,498
Стандартная ошибка	0,089	0,149	0,173	0,199	0,121	0,079

Средние значения указанных интегральных показателей, полученные по данным, зарегистрированным при воздействии шумового фактора и без него, представлены в табл. 3. Из данных табл. 3 следует, что средние значения ИПКП и ИПСУВ обследуемых лиц во втором полете (Воздействие) снижаются по сравнению с первым полетом (Фон), а ИППФС существенно не меняется. Вероятно, такое соотношение значений интегральных показателей обусловлено тем, что воздействующий фактор с заданными характеристиками оказывает более существенное влияние на качество профессиональной деятельности, чем на ее психофизиологическое обеспечение.

Значения интегральных показателей второго уровня иерархии, вычисленные по формулам (14)—(16), имеют одинаковый диапазон изменения, поэтому вычисление ППР не требует проведения процедуры их стандартизации и приведения к пятибалльной шкале.

Проведенный по значениям интегральных показателей второго уровня иерархии дискриминантный анализ позволил найти коэффициенты ДФ, нормированные значения которых являются весовыми коэффициентами в формуле вычисления ППР. Коэффициент ДФ для ИПКП составляет 2,091, для ИПСУВ — 0,199, для ИППФС — 0,157. Нормированный весовой коэффициент при

ИПКП равен 0,678, при ИПСУВ — 0,310, при ИППФС — 0,012. С учетом полученных значений нормированных весовых коэффициентов выражение для вычисления ППР имеет следующий вид:

$$\text{ППР}_i = 0,678\text{ИПКП}_i + 0,310\text{ИПСУВ}_i + 0,012\text{ИППФС}_i. \quad (17)$$

Как следует из формулы (17), наибольший вес в процессе разграничения уровней работоспособности операторов в фоновом полете и полете, выполняемом при воздействии шумового фактора, имеет ИПКП. Этот факт подтверждается итогами анализа валидности ДФ и ее коэффициентов (табл. 4), используемых при синтезе ППР — формула (17).

Таблица 4

Оценка валидности результатов синтеза ППР

Переменных в модели: 3; Λ -Уилкса: 0,28082, $F(3,20) = 17,073, p < 0,0000$			
	Λ -Уилкса искл.	F -искл. (1,20)	p
ИПКП	0,553	18,979	0,0003
ИПСУВ	0,489	15,443	0,0009
ИППФС	0,257	0,510	0,48061

Наибольшее значение Λ -Уилкса *искл.* и наименьшее значение уровня значимости p приходится именно на ИПКП.

Проведение классификации операторов по значениям ИПКП, ИПСУВ, ИППФС показала, что правильное отнесение их к классам на основе полученных ДФ выполняется в 90 % случаев.

Таким образом, получена решающая функция, достоверно разграничивающая обследованных лиц на два класса ("Фон" — "Воздействие") с уровнем значимости $p < 0,00001$ и дающая 90 % правильных решений.

По формуле (17) рассчитаны значения ППР для каждого обследуемого при выполнении фоновом полета и полета, выполняемого в условиях воздействия шума. На рис. 2 представлены выраженные в графическом виде результаты сравнительного анализа статистических характеристик ППР в выборках, относящихся к анализируемым классам. Как следует из этого графика, отсутствует перекрытие доверительных интервалов средних значений ППР в анализируемых группах, что свидетельствует о статистической достоверности их отличий.

Проведенный сравнительный анализ значений ППР при отсутствии шумового воздействия и при его наличии позволяет сделать заключение о существенном влиянии последнего на профессиональную работоспособность, выражающегося в ее снижении.

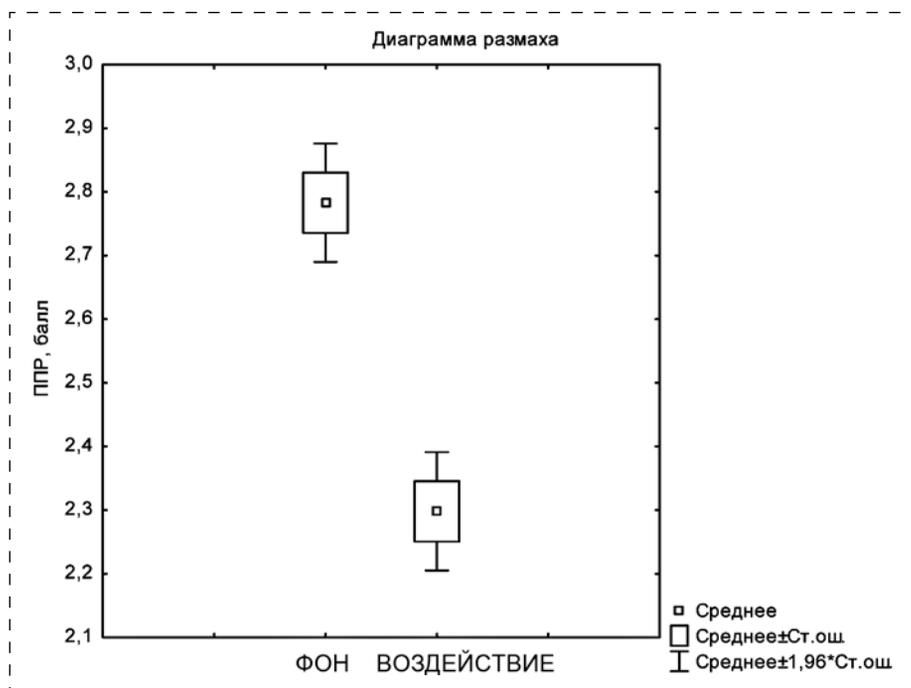


Рис. 2. Диаграмма размаха значений индекса ППР

Приведенный пример использования рассмотренного в статье методического обеспечения оценивания профессиональной работоспособности оператора в условиях воздействия на него авиационного шума подтверждает высокое качество предложенного метода. Ниже перечислены основные компоненты методического обеспечения оценивания профессиональной работоспособности оператора.

1. Построение многоуровневой иерархической структуры интегральных и единичных показателей профессиональной работоспособности.

2. Структурная идентификация интегральных показателей второго и первого уровней иерархии, характеризующих:

- качество профессиональной деятельности (интегральный показатель качества пилотирования — ИПКП);

- структуру управляющих воздействий на ручку управления самолета (интегральный показатель структуры управляющих воздействий — ИПСУВ);

- психофизиологическое состояние (интегральный показатель психофизиологического состояния — ИППФС);

- профессиональную работоспособность (интегральный показатель профессиональной работоспособности) — ППР.

3. Стандартизация значений единичных показателей третьего (нижнего) уровня иерархии.

4. Параметрическая идентификация на базе

дискриминантного анализа (определение весовых коэффициентов) уравнений ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, ППР.

5. Синтез уравнений ИПКП, ИПСУВ, ИППФС в стандартизованных значениях единичных показателей третьего (нижнего) уровня иерархии.

6. Проверка статистической значимости весовых коэффициентов, входящих в уравнения ИПКП, ИПСУВ, ИППФС, ППР.

Работа поддержана РФФИ, проект 18-08-00244.

Список литературы

1. Ушаков И. Б., Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В. Физиология труда и надежность деятельности человека. — М.: Наука, 2008. — 318 с.



2. **Зинкин В. Н., Харитонов В. В., Шешегов П. М.** Потенциальная ненадежность действий — критерий оценки работоспособности авиационных специалистов и эффективности средств защиты от шума // Проблемы безопасности полетов. — 2017. — № 7. — С. 3—16.
3. **Справочник** авиационного врача. — М.: Воздушный транспорт, 1992. — 327 с.
4. **Методическое обеспечение** системы автоматизированного мониторинга состояния операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума / А. В. Богомолов, С. П. Драган, Ю. А. Кукушкин, Г. А. Свиридюк, С. А. Загребина, Е. В. Ларкин // Материалы одиннадцатой международной конференции "Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018)". — М.: ИПУ РАН, 2018. — С. 440—443.
5. **Богомолов А. В., Драган С. П.** Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. — 2015. — № 4. — С. 25—30.
6. **Гличев А. В.** Основы управления качеством продукции. — М.: РИА "Стандарты и Качество", 2001. — 424 с.
7. **Подольская М. Н.** Квалиметрия и управление качеством: лабораторный практикум. Ч. 1. Экспертные методы. — Тамбов: ТГТУ, 2011. — 80 с.
8. **Афифи А., Эйзен С.** Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. — М.: Мир, 1982. — 488 с.
9. **Ким О. Дж., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р.** Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 215 с.

S. D. Chistov, Deputy Head of Department — Head of Laboratory, sd.chistov@gmail.com, **Yu. A. Kukushkin**, Leading Researcher, **S. K. Soldatov**, Leading Researcher, **A. V. Bogomolov**, Senior Researcher, **Yu. Yu. Kislyakov**, Senior Researcher, **E. G. Gerasimova**, Research Associate, Scientific Research Testing Center (aerospace medicine and military ergonomics, Moscow) of the Central Scientific Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation

Methodological Support for Evaluating Operator's Professional Performance under the Influence of Intensive Aviation Noise

The article presents the methodological support for assessing the professional performance of the operator of an ergatic system under the influence of intense aviation noise, based on the application of discriminant analysis to the hierarchical structure of indicators characterizing the quality, structure of activity and psycho-physiological state of the operator. An integral indicator of the operator's professional working capacity and its lower level hierarchy indicators, characterizing the quality of piloting, the structure of the operator's control actions on the control body and the psycho-physiological state of the operator, have been synthesized. A criterion function was obtained that sets the decisive rule that allows to reliably divide the surveyed operators into two classes: a flight without the effects of intense aviation noise — a flight with the effects of intense aviation noise. Quantitatively confirmed the conclusion about the negative impact of aviation noise on the quality of piloting, the structure of the operator's control actions on the ergatic system control body and the functional state of the operators. The results obtained are applicable to the assessment of the professional performance of operators of ergatic systems, the operation of which is carried out or is associated with an acoustic impact on the operator.

Keywords: noise, performance, discriminant analysis, hierarchical structure, quality of piloting, control actions of a pilot, functional state

References

1. **Ushakov I. B., Kukushkin Yu. A., Bogomolov A. V.** Физиология труда и надежность деятельности человека. Moscow: Nauka, 2008. 318 p.
2. **Zinkin V. N., Kharitonov V. V., Sheshegov P. M.** Потенциальная ненадежность действий — критерий оценки работоспособности авиационных специалистов и эффективности средств защиты от шума. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2017. No. 7. P. 3—16.
3. **Справочник** авиационного врача. Moscow: Vozdushnyy transport, 1992. 327 p.
4. **Metodicheskoye obespecheniye** sistemy avtomatizirovannogo monitoringa sostoyaniya operatorov, podvergayushchikhsya vozdeystviyu aviatsionnogo shuma. A. V. Bogomolov, S. P. Dragan, Yu. A. Kukushkin, G. A. Sviridyuk, S. A. Zagrebina, Ye. V. Larkin. Materialy odinnadsatoy mezhduarodnoy konferentsii "Upravleniye razvitiyem krupnomasshtabnykh sistem (MLSD'2018)". Moscow: IPU RAN, 2018. P. 440—443.
5. **Bogomolov A. V., Dragan S. P.** Avtomatizirovanny monitoring i tekhnologii obespecheniya akusticheskoy bezopasnosti personala. *Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii*. 2015. No. 4. P. 25—30.
6. **Glichev A. V.** Osnovy upravleniya kachestvom produktsii. Moscow: RIA "Standarty i Kachestvo", 2001. 424 p.
7. **Podol'skaya M. N.** Kvalimetriya i upravleniye kachestvom. Laboratornyy praktikum. Ch. 1. Ekspertnyye metody. Tambov: TGTU, 2011. 80 p.
8. **Afifi A., Eyzen S.** Statisticheskiy analiz: Podkhod s ispol'zovaniyem EVM. Moscow: Mir, 1982. 488 p.
9. **Kim O. Dzh., M'yuller Ch. U., Klekka U. R.** Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz. Moscow: Finansy i statistika, 1989. 215 p.

УДК 681.322/.323

М. А. Галлямов, канд. техн. наук, доц. кафедры, **Н. В. Вадулина**, канд. техн. наук, доц. кафедры, **В. С. Проскура**, магистрант, e-mail: victoria.proskura@yandex.ru, **А. О. Салимов**, студент, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Повышение уровня промышленной безопасности и охраны труда путем внедрения информационной системы

Рассмотрена актуальная проблема повышения уровня промышленной безопасности и охраны труда на объектах нефтепереработки. Эффективное функционирование системы управления промышленной безопасностью и охраной труда позволяет добиться снижения рисков возникновения происшествий, а также тяжести их последствий.

Обработка больших массивов данных предполагает затраты значительного количества рабочего времени и трудовых ресурсов. Одним из способов минимизации необходимых ресурсов и повышения производительности труда является автоматизация рабочих мест путем создания информационных систем, учитывающих потребности ее пользователя. Рассмотрен порядок разработки и внедрения информационной системы по учету и анализу результатов контрольно-профилактической деятельности в области промышленной безопасности и охраны труда.

Ключевые слова: промышленная безопасность, охрана труда, информационная система, контрольно-профилактическая деятельность, производительность труда

Промышленная безопасность и охрана труда (ПБиОТ) имеет огромное значение в производственной деятельности любого предприятия. Эффективное функционирование системы управления промышленной безопасностью и охраной труда позволяет добиться снижения рисков возникновения происшествий, а также тяжести их последствий.

Учет и анализ информации, в том числе характеризующей состояние промышленной безопасности и охраны труда на рабочих местах, необходимость обработки больших массивов данных предполагает большие затраты рабочего времени и трудовых ресурсов.

Одним из способов минимизации необходимых ресурсов и повышения производительности труда является автоматизация рабочих мест путем создания информационных систем (ИС), учитывающих потребности ее пользователя [1].

Целью внедрения ИС ПБиОТ является повышение уровня промышленной безопасности и охраны труда на объектах предприятия. Рассматриваемая информационная система основана на платформе Microsoft Office Excel (рис. 1), что позволяет работать с ней пользователю, владеющему базовыми знаниями работы с персональными компьютерами (ПК).

Информационная система ПБиОТ состоит из четырех взаимосвязанных рабочих вкладок. Сбор первичной информации по результатам контрольно-профилактической деятельности осуществляется на первой вкладке — "База", в которой каждый сотрудник отдела промышленной безопасности и охраны труда отражает сведения по проведенным проверкам и выявленные при них несоответствия в области ПБиОТ, классифицируя их по категориям и видам нарушения.

Все выявленные в ходе проведения контрольно-профилактической деятельности несоответствия в области ПБиОТ классифицируются по категориям (документация, допуск к работе и обучение, оборудование и инструменты, работы повышенной опасности (РПО), территория и т. д.) [2—4]. Каждая категория содержит в себе определенный набор видов нарушений. Для удобства пользователя ИС ПБиОТ предлагает ограниченный и унифицированный набор вариантов видов нарушений исходя из выбранной категории (рис. 2).

Статистическая информация с анализом массива исходных данных по итогам отчетных периодов формируется на второй и третьей вкладках.

На второй вкладке "Статистика 2018" (рис. 3, 4) в автономном режиме (без участия пользователя)

Разрешительная документация (отсутствие, неправильное оформление)

№ п/п	Дата проверки	Аудитор	Объект	Описание несоответствия	Ссылка	Риск	Причина несоответствия	Код	Мероприятия	Срок	Ответственный	Отметка о выполнении
1	10.01.2018	Ласов В.А.	ЭЛОУ-АВТ-6	При проведении ремонтных работ по нарядам-допускам №№ 13, 14 "Газлаж секции АВО с применением автокрана" в п. 15 наряда-допуска отсутствовала подпись ответственного за подготовительные работы начальника работ ЭЛОУ-АВТ-6 В наряде-допусках на ремонтные работы №№ 13, 14, 16 в п. 9 лицом, выдавшим наряд-допуск не указывается дата и время выдачи.	п. 3.2.22 ИОТ-00-003-2017	Умеренный	Недостатки планирования	8-3	Не допускать нарушения требования Инструкции	30.01.2018	Начальник установок Ганиев И.Х.	Выполнено
2	10.01.2018	Ласов В.А.	ЭЛОУ-АВТ-6	В наряде-допусках на ремонтные работы №№ 13, 14, 16 в п. 9 лицом, выдавшим наряд-допуск не указывается дата и время выдачи.	п. 3.3.1 ИОТ-00-003-2017	Незначительный	Недостатки планирования	8-3	При оформлении нарядов-допуска указывать дату и время.	30.01.2018	Начальник установок Ганиев И.Х.	Выполнено
3	10.01.2018	Ласов В.А.	ЭЛОУ-АВТ-6	В журнале регистрации нарядов-допусков не проставлены отметки (дата, роспись) об окончании работ с 27.11.2017 г.	п. 3.3.5 ИОТ-00-003-2017	Незначительный	Недостатки планирования	8-3	Проставить отметки об окончании работ в "Журнале..."	12.01.2018	Начальник установок Ганиев И.Х.	Выполнено
4	10.01.2018	Ласов В.А.	ЭЛОУ-АВТ-6	Опора под трубопровод, установленная у насоса Н-38/2, не соответствует требованиям промышленной безопасности.	Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2012 г. N 784 "Об утверждении Руководства по безопасности "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических"	Умеренный	Отсутствие должного внимания к источникам опасностей	8-5	Устранить нарушение.	12.01.2018	Начальник установок Ганиев И.Х.	Выполнено
5	10.01.2018	Ласов В.А.	ЭЛОУ-АВТ-6	Скопированный аварийный душ в	п. 6.9 ПБЗ НП-2001	Умеренный	Отсутствие должного	8-5	Обеспечить постоянную	12.01.2018	Начальник	Выполнено

Рис. 1. Общий вид ИС по учету результатов контроля за состоянием ПБиОТ на рабочих местах

L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Ответственный	Отметка о выполнении предл. и акте	№ предл. акте	ПО	Штраф, тыс. руб.	Вид, РПО	Кол-во в	Вид проверки	Пристан овка работ	Элемент СУ	Категория нарушения	Вид нарушения
1	Выполнено	1	0	0	РР	1	РПО	1	Проверки и КД. Упр-е записями	РПО	Разрешительная документация (отсутствие, неправильное оформление)
2	Выполнено	1	0	0	РР	0	РПО	1	Проверки и КД. Упр-е записями	РПО	Разрешительная документация (отсутствие, неправильное оформление) Отсутствие квалификационных документов Применение неисправных инструментов, приспособлений СИЗ (использование, неправильное применение)
3	Выполнено	1	0	0	0	1	Оперативная	0	Проверки и КД. Упр-е записями	Документация	Отсутствие ограждения опасной зоны, знаков безопасности Нарушения при эксплуатации средств подмащивания (лес) Отсутствие ответственного за проведение работ на месте работ Иное: Подготовка и проведение газоопасных работ
4	Выполнено	1	0	0	0	0	Оперативная	0	Внедрение и функц-е. Ресурсы, роли, отв-ть	Оборудование. Инструменты	Состояние трубопроводов

Рис. 2. Пример видов нарушений по категории РПО

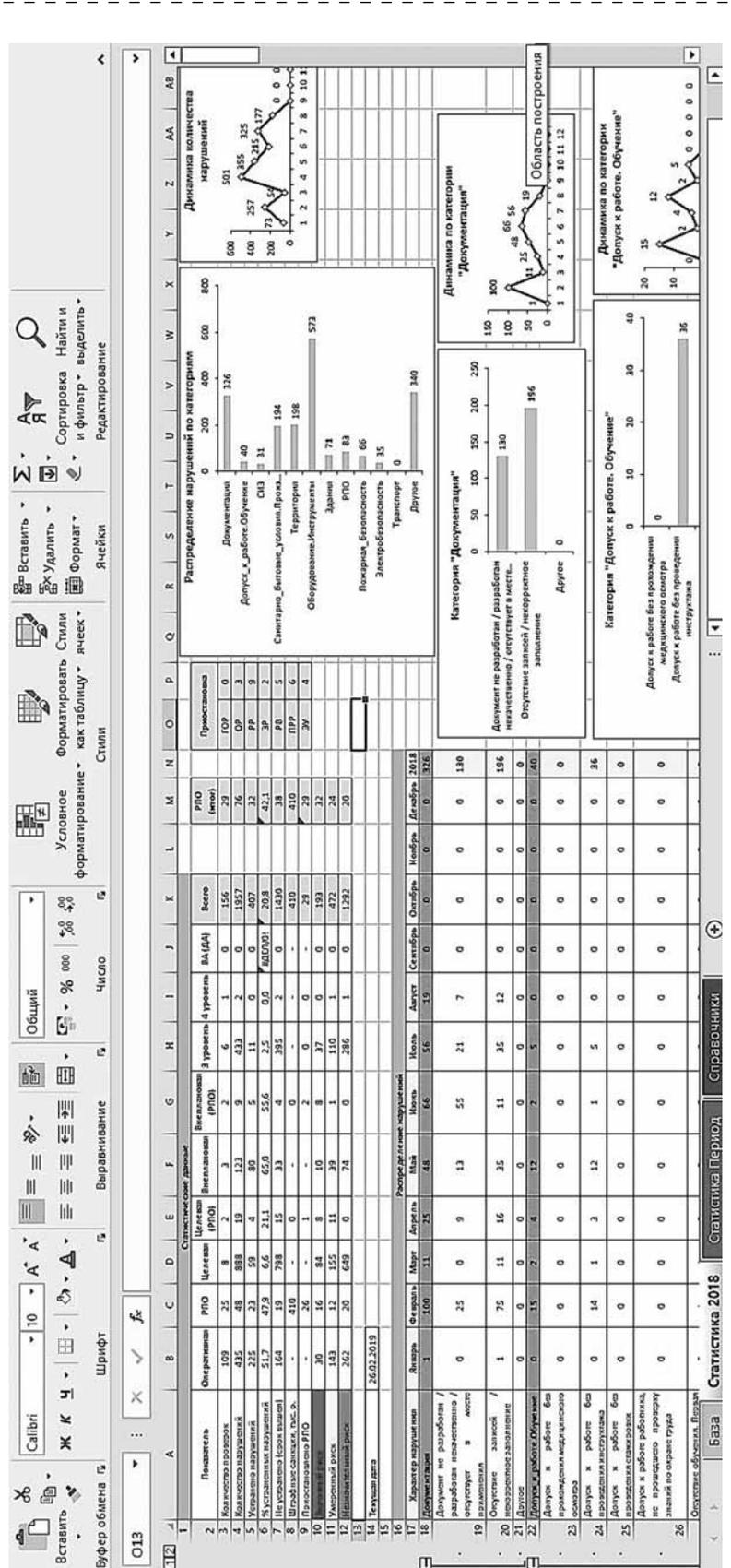


Рис. 3. Общий вид вкладки "Статистика 2018"

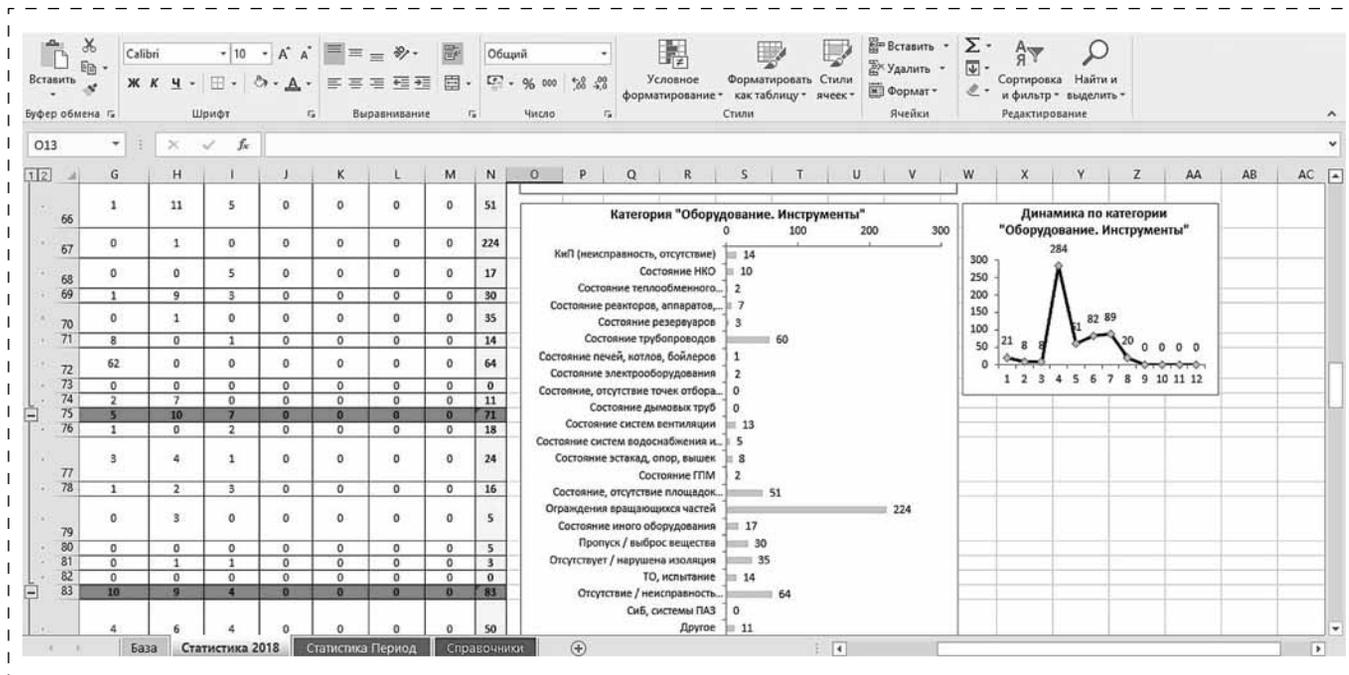


Рис. 4. Распределение и динамика нарушений по результатам контрольно-профилактической деятельности в области ПБиОТ в категории "Оборудование. Инструменты"

производится обработка массива первичной информации, загруженного в Информационную систему ПБиОТ, с учетом заданных критериев, с последующей визуализацией полученных результатов в цифровом и графических видах за период времени с начала года по текущую дату в целом по предприятию. В результате пользователю представляется информация, содержащая статистические данные по результатам контрольно-профилактической деятельности в области промышленной безопасности и охраны труда (количество проверок, количество нарушений, распределение нарушений по уровням риска, распределение нарушений по категориям и видам, количество приостановленных работ повышенной опасности по видам работ, информация по устранению выявленных нарушений, динамика (повторяемость) нарушений с течением времени и т. д.).

На третьей вкладке "Статистика период" (рис. 5, б) пользователю представляется информация, содержащая те же статистические данные по результатам контрольно-профилактической деятельности в области промышленной безопасности и охраны труда, но в разрезе единичных объектов за выбранный период времени (день, неделя, месяц, квартал и т. д.).

Четвертая вкладка "Справочники" (рис. 7) содержит в себе справочные данные, используемые для анализа, и служит для функционирования вкладок по формированию статистических данных.

Как видно из рис. 4, наибольшее число нарушений в области ПБиОТ в категории "Оборудование. Инструменты" выявлено в части наличия и технического состояния защитных ограждений вращающихся (движущихся) частей машин и механизмов. Наличие этой проблемной области подтверждается статистикой производственного травматизма. Так, в 2017 г. на предприятии произошел несчастный случай на производстве, одной из причин которого стало несоответствие защитного ограждения вращающихся лопастей вентилятора требованиям безопасности.

Информационная система промышленной безопасности и охраны труда позволяет оценить не только состояние ПБиОТ в целом по предприятию, но и в разрезе единичных объектов, что позволяет выявить наиболее проблемные области на данных объектах для последующей разработки превентивных мероприятий по снижению риска возникновения происшествий.

Важным этапом в жизни любого объекта является стадия ремонта как текущего, так и капитального. Информационная система позволяет оперативно сформировать перечень несоответствий в области ПБиОТ, требующих устранения с учетом уровня их риска.

Говоря об экономической составляющей проекта, следует отметить, что ИС ПБиОТ предприятия была создана без привлечения сторонних организаций силами сотрудников отдела промышленной безопасности и охраны труда.

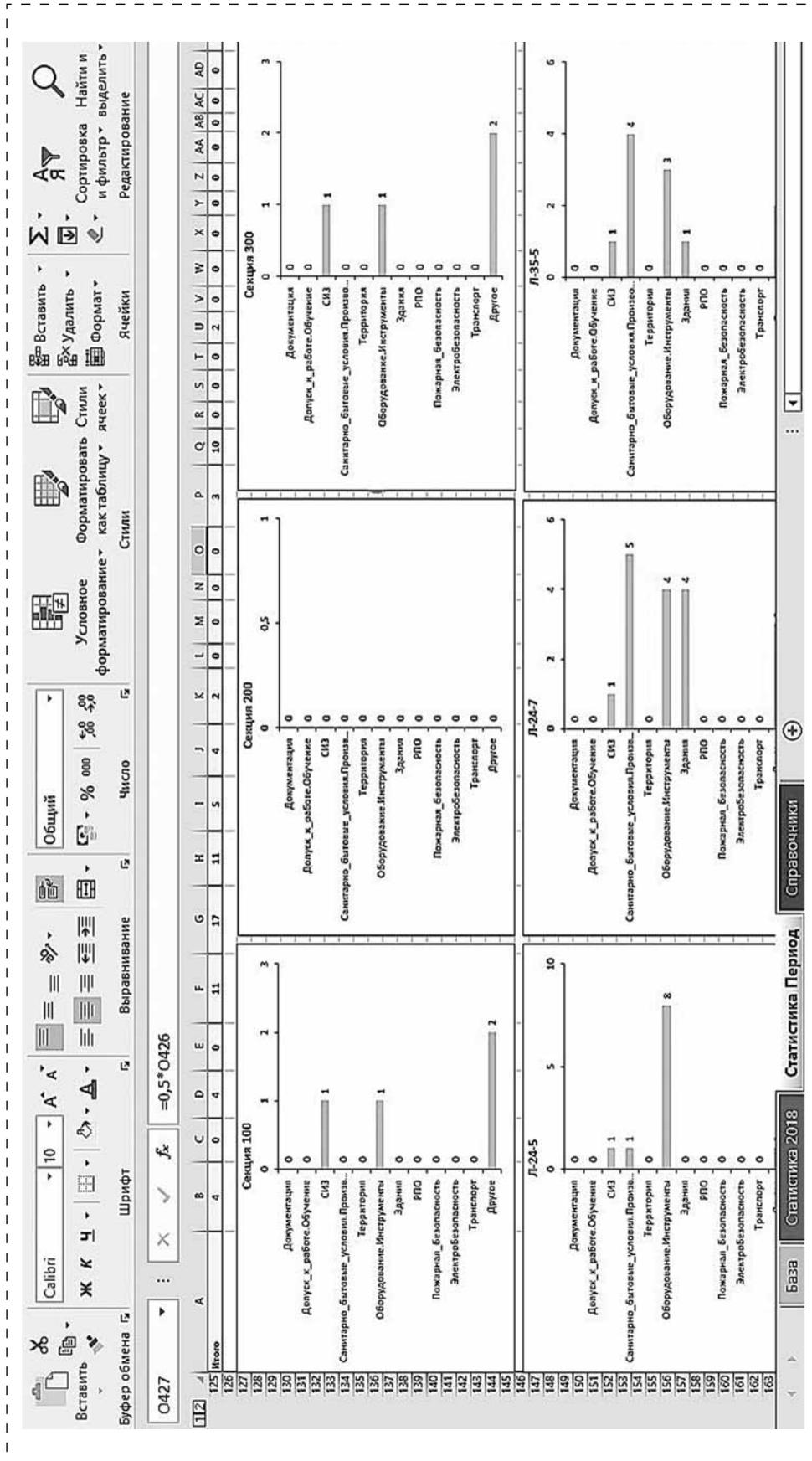


Рис. 6. Распределение нарушений в области ПБНОТ по категориям по объектам предприятия

A	B	C	D	E	F	G	H
Уровень риска	Уровень	Категория	Документация	Документация	Допуск_к_работе.Обучение	СИЗ	Санитарно_бытовые_условия.Пром заводственная_санитария_и_гигиена _труда
1	Умеренный		Документация	Документ не разработан / разработан некачественно / отсутствует в месте применения	Допуск к работе без прохождения медицинского осмотра	Неприменение СИЗ	Отсутствие / освещения / неисправность За
2	Незначительный		Допуск_к_работе.Обучение	Отсутствие записей / некорректное заполнение	Допуск к работе без проведения инструктажа осмотра	Нарушения условий хранения, содержания СИЗ	Аптечка (отсутствие / не за не
3			СИЗ	Другое	Допуск к работе без проведения стажировки	Другое	СИЗ (отсутствие / не за не
4			Санитарно_бытовые_условия.Про заводственная_санитария_и_гиги ена_труда		Допуск к работе работника, не прошедшего проверку знаний по охране труда		Раковина самомошш, Не аварийный душ (неудовлетворительное состояние)
5	Оперативная		Территория		Отсутствие обучения. Первая помощь		Достаточность и содержание АБП Др (бытовки, санузлы, КПП, душевые)
6	Целевая		Оборудование.Инструменты		Отсутствие обучения. Работы на высоте		Содержание РМ в чистоте Др
7	Целевая (РПО)		Здания		Отсутствие обучения. ПТМ		Другое
8	Целевая		РПО		Отсутствие обучения. Пром. Безопасность		
9	Внеплановая						

Рис. 7. Вид вкладки "Справочники"

Профилактическая работа, проводимая сотрудниками отдела на подконтрольных объектах, требует постоянного мониторинга выполнения мероприятий по выявленным несоответствиям. В режиме реального времени на выполнение этой задачи сотрудник затрачивает около 20...25 % рабочего времени. Кроме того, учет и анализ информации, характеризующей состояние промышленной безопасности и охраны труда, необходимость обработки больших массивов данных предполагает затраты значительного количества рабочего времени и трудовых ресурсов. Подготовка к совещаниям (еженедельным, ежеквартальным, годовым), сбор и анализ данных для периодической отчетности является неотъемлемым функционалом специалистов в области ПБиОТ.

По средним оценкам в течение года необходимо производить сбор и анализ информации для более чем 200 совещаний. Время, необходимое для выполнения этой задачи, в среднем занимает 1,5 ч. Общие затраты времени в течение года составляют 300 ч. Это то время, которое могло бы быть использовано для проведения контрольно-профилактической деятельности на объектах предприятия, что позволило бы снизить вероятность возникновения происшествий и повысить уровень промышленной безопасности и охраны труда на рабочих местах.

В процессе работы были рассмотрены альтернативные информационные системы в области промышленной безопасности и охраны труда, встречающиеся на рынке программных продуктов. Существующие системы имеют функциональные ограничения по использованию с учетом выполнения требуемых задач, поэтому непосредственно применяться в отделе промышленной безопасности и охраны труда не могут. Изготовление программного продукта под заказ по техническому заданию заказчика требует времени, финансовых ресурсов, длительного тестирования [5–7].

Необходимость ведения электронной базы контрольно-профилактической деятельности также обусловлена в том числе п. 4.6 национального стандарта Российской Федерации Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья (ГОСТ Р 54934—2012/OHSAS 18001:2007 "Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования") [8].

К достоинствам представленной Информационной системы ПБиОТ можно отнести следующее:

- информационная платформа создана на платформе Microsoft Office Excel, что не требует затрат на приобретение программных продуктов и модулей;

- модель динамична, так как позволяет без существенных затрат внести изменения в работу информационной системы (при изменении

штатной структуры, создании нового структурного подразделения, необходимости изменения классификаторов, используемых в аналитических данных, и т. д.);

- позволяет оптимизировать трудозатраты на сбор и анализ массивов информации в области ПБиОТ;

- позволяет выявлять проблемные области в разрезе единичных объектов по вопросам ПБиОТ, что может быть использовано при разработке превентивных мероприятий по снижению риска возникновения происшествий, связанных с проблемной областью;

- позволяет повысить эффективность контроля за устранением выявленных несоответствий в области ПБиОТ;

- может использоваться в рамках подготовки объектов предприятия к текущим и капитальным ремонтам, так как содержит в себе мероприятия, которые подлежат исполнению в рамках проведения ремонта;

- содержит информационную базу требований нормативных правовых актов, локальных нормативных документов в области ПБиОТ, и может применяться при формировании отчетных документов по результатам контрольно-профилактической деятельности как инструмент повышения профессиональной компетенции.

В результате происходит оптимизация трудозатрат на сбор и анализ массивов информации, выявляются проблемы в разрезе единичных объектов по вопросам промышленной безопасности и охраны труда, что может быть использовано при разработке превентивных мероприятий по снижению риска возникновения происшествий, и, как следствие, повышается эффективность контроля за устранением выявленных несоответствий в вопросах промышленной безопасности и охраны труда.

В заключение следует отметить, что разработанная информационная система внедрена и прошла успешное опробирование на одном из предприятий нефтепереработки.

Список литературы

1. Федосов А. В., Проскура В. С. Применение информационных систем для повышения эффективности проведения производственного контроля // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2016. — Вып. 4 (106). — С. 234–240.
2. Методические рекомендации по классификации техногенных событий в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса: Руководство по безопасности утверждено приказом Ростехнадзора от 24.01.2018 № 29.
3. Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 401.



4. **Кодекс** Российской Федерации об Административных правонарушениях (с изменениями на 18 июля 2011 г.).
5. **Лукьянов И. А.** Разработка методического обеспечения для проведения технического аудита средствами информационных систем // *Безопасность труда в промышленности*. — 2013. — № 8. — С. 68—70.
6. **Кловач Е. В., Гонтаренко А. Ф., Лукьянов И. А.** Подходы к созданию автоматизированных систем технического аудита опасных производственных объектов // *Безопасность труда в промышленности*. — 2012. — № 12. — С. 70—72.
7. **Информационная система** управления промышленной безопасностью. URL: <http://www.rusapr.ru/prod/vnedrenie-sistem-po-upravleniyu-promyshlennoy-bezopasnosti.php>. (дата обращения 27.10.2018).
8. **ГОСТ Р 54934—2012/OHSAS 18001:2007.** Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования.

M. A. Gallyamov, Associate Professor, **N. V. Vadulina**, Associate Professor, **V. S. Proskura**, Undergraduate, e-mail: Victoria.proskura@yandex.ru, **A. O. Salimov**, Student, Ufa State Petroleum Technological University

Improving the Level of Industrial Safety and Labor Protection by dint of Introduction of the Information System

The article defines the currently relevant problem of increasing the level of industrial safety and labor protection at oil refining facilities. Effective functioning of the industrial safety and labor management system allows to reduce the risk of accidents, as well as the severity of their consequences. Process large amounts of data implies a significant amount of working time and labor resources. One of the ways to minimize the necessary resources and increase productivity is to automate workplaces by creating information systems that take into account the needs of its user. This article discusses the implementation of an information system for recording and analyzing the results of control and preventive activities in the field of industrial safety and labor protection.

The system was developed on the Microsoft Office Excel platform, which allows a user with basic computer skills to work with it. The system allows to monitor the state of industrial safety in the "on-line" mode both in the branch as a whole and in the context of single objects, as well as to identify problem areas in this area.

The collection of primary information on the results of control and preventive activities is carried out on the first tab — "Base", in which each department employee reflects information on the checks carried out and discrepancies identified with them. Statistical information with an analysis of the array of initial data on the basis of reporting periods is formed on the second and third tabs. The "Statistics 2018" tab offline processes the array of primary information loaded into the system, taking into account the specified criteria, followed by visualization of the results in digital and graphical forms for the period from the beginning of the year to the current date in the branch as a whole. The "Statistics of the Period" tab displays information in the context of single objects for the selected period of time (day, week, month, quarter, etc.).

An algorithm has been developed that allows for offline analysis of available information according to specified criteria, taking into account the required period of time. The developed information system has been successfully implemented and tested at one of the refineries.

Keywords: industrial safety, information system, labor protection, control and preventive activities, labor productivity

References

1. **Fedosov A. V., Proskura V. S.** Primeneniye informatsionnykh sistem dlya povysheniya effektivnosti provedeniya proizvodstvennogo kontrolya. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov*. 2016. Vyp. 4 (106). P. 234—240.
2. **Metodicheskiye rekomendatsii** po klassifikatsii tekhnogennykh sobyty v oblasti promyshlennoy bezopasnosti na opasnykh proizvodstvennykh ob'yektakh neftegazovogo kompleksa: Rukovodstvo po bezopasnosti. Utverzhdeno prikazom Rostekhnadzora ot 24.01.2018 № 29.
3. **Polozheniye** o Federalnoy sluzhbe po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. Utverzhdeno postanovleniyem Pravitelstva Rossyskoy Federatsii ot 30.07.2004 № 401.
4. **Кодекс** Rossyskoy Federatsii ob Administrativnykh pravonarusheniyyakh (s izmeneniyami na 18 iyulya 2011 goda).
5. **Lukyanov I. A.** Razrabotka metodicheskogo obespecheniya dlya provedeniya tekhnicheskogo audita sredstvami informatsionnykh sistem. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2013. No. 8. P. 68—70.
6. **Klovach Ye. V., Gontarenko A. F., Lukyanov I. A.** Podkhody k sozdaniyu avtomatizirovannykh sistem tekhnicheskogo audita opasnykh proizvodstvennykh ob'yektov. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2012. No. 12. P. 70—72.
7. **Informatsionnaya sistema** upravleniya promyshlennoy bezopasnostyu. URL: <http://www.rusapr.ru/prod/vnedrenie-sistem-po-upravleniyu-promyshlennoy-bezopasnosti.php> (date of access 27.10.2018).
8. **GOST R 54934—2012/OHSAS 18001:2007.** Sistemy menedzhmenta bezopasnosti truda i okhrany zdorovya. Trebovaniya.

УДК 504.054:665.765:665.66

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

Снижение экологических рисков при обращении с отработанными маслами

Приведены данные анализа экологических рисков, возникающих при обращении с отработанными минеральными маслами, и показано их негативное воздействие на биосферу. Рассмотрены физические, физико-химические и химические способы очистки отработанных масел от загрязнения. Отмечена целесообразность регенерации очищенных от загрязнений отработанных масел путем добавления свежих присадок, а также их использования в качестве высококалорийного топлива в промышленных печах. Рациональное обращение с отработанными маслами позволяет снизить вызываемые ими экологические риски.

Ключевые слова: отработанные масла, экологические риски, очистка от загрязнений, регенерация, сжигание

Введение

Смазочные масла применяют для снижения коэффициента трения и износа поверхностей трущихся деталей. Они образуют на поверхности деталей микропленку толщиной в десятые доли микрона, которая позволяет уменьшить их износ в сотни раз. Достижение заданных эксплуатационных характеристик масел осуществляется проектированием состава масляной композиции, включающей, помимо базового масла, несколько присадок: антифрикционных, антипригарных, антиокислительных, антивспенивающих и др. Присадки изменяют физические и химические свойства масла, обеспечивая минимальный износ трущихся деталей и повышение его долговечности в заданных условиях эксплуатации.

В процессе работы двигателя масла подвергаются воздействию окружающей среды, соприкасаются с металлами при высокой температуре, вследствие чего происходит их старение, окисление и загрязнение продуктами износа двигателя и минеральными частицами, образуются водно-масляные эмульсии и т. д.

В мире ежегодно собирается около 20 млн т отработанных смазочных материалов [1]. По официальной статистике в нашей стране потребляется около 3,0 млн т всех видов технических масел. Наиболее крупные потребители минеральных масел — автотранспорт и другая мобильная техника, а также промышленные предприятия. Объемы отработанных моторных масел по экспертной оценке составляют 600 тыс. т в год.

Из этого количества утилизируется (регенерируется и сжигается) не более 200 тыс. т. Остальные отработанные масла в силу различных организационных и экономических причин хранятся у потребителей или просто сливаются в канализацию, водоемы и на землю, загрязняя окружающую среду.

Экологические риски, связанные с влиянием отработанных масел на биосферу

Отработанные масла относятся к умеренно опасным отходам 3-го класса опасности и оказывают негативное воздействие на людей. На их токсичность влияют исходный состав масел и содержащиеся в них примеси. Масла, попавшие в организм через желудочно-кишечный тракт, вызывают кровотечение, почечную недостаточность, интоксикацию организма и нарушение кровяного давления. У людей поражается нервная система, печень. Испарения компонентов отработанного масла приводят к болезням органов дыхания. Некоторые масла обладают канцерогенными свойствами и длительно не распадаются в естественных условиях. Отработанные масла, попадая в почву, воду и воздух, наносят окружающей среде значительный ущерб [2].

Загрязнение почвы отработанными маслами влияет на ее морфологические, физические, физико-химические, биологические свойства. Под их влиянием происходит укрупнение частиц почвы и уменьшение содержания ценных для растениеводства мелких частиц. Почвы, загрязненные



нефтепродуктами, теряют способность поглощать и удерживать влагу, затрудняется поступление воздуха к корням растений. Под воздействием отработанных масел происходит деградация почвы и потеря ею плодородных свойств [3].

Деградация масел и их компонентов в воде — длительный процесс, происходящий под воздействием бактерий и кислорода. Отработанные масла, попавшие в водоемы, образуют с водой устойчивые эмульсии. На поверхности воды масла образуют тонкую пленку, которая мешает контакту воды с воздухом и способствует увеличению ее температуры, изменяя условия жизни растительного и животного мира в водоеме. Разрушение его экосистемы при длительном воздействии отработанных масел приводит к вырождению и в конечном счете к гибели живых существ в водоеме.

Вместе с тем отработанные масла являются ценным техногенным сырьем, так как содержат 90...98 % нефтепродуктов, и потому необходимость их утилизации не вызывает сомнений. Основными способами утилизации, позволяющими снизить экологические риски, связанные с обращением с отработанными маслами, являются регенерация и сжигание. Регенерация отработанных масел позволяет восстановить их характеристики после удаления образовавшихся в процессе эксплуатации вредных примесей и добавления необходимых присадок.

Очищенные от вредных примесей отработанные масла могут использоваться в качестве высококалорийного топлива в целях получения энергии, так как их калорийность достигает 41 МДж/кг.

Регенерация отработанных масел

В странах Евросоюза установлены жесткие нормы контроля образования и использования отработанных масел. Любая деятельность, связанная с накоплением, транспортировкой и утилизацией отработанных масел в этих странах, лицензируется.

Регенерация позволяет получить из отработанных масел 60...80 % качественных вторичных масел, в то время как при переработке сырой нефти выход товарных масел не превышает 10 %. Однако в связи с тем, что затраты на регенерацию превышают стоимость свежеприготовленных масел, регенерированный продукт является неконкурентоспособным. В связи с этим в ряде стран законодательство обязывает поставщиков масел использовать в их составе регенерированные продукты.

В нашей стране работы по сбору и утилизации отработанных масел ведутся с 1930 г., когда их порядок был определен приказом Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ СССР). В более поздние годы сбор и использование отработанных нефтепродуктов организовывались Всесоюзным Объединением "Вторнефтепродукт" при Госнабтеху СССР. В 1980-х годах в стране был достигнут высокий уровень сбора и утилизации отработанных масел, который к началу 1990-х годов достиг 1700 тыс. т/год. Однако в 1990-е годы показатели сбора и утилизации отработанных масел неуклонно снижались.

В настоящее время в России, согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 21046—2015 "Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия", все отработанные нефтепродукты подлежат обязательному сбору. Стандарт не допускает слив отработанных нефтепродуктов на землю, в водоемы и канализационные системы.

Наиболее сложной стадией процесса утилизации отработанных масел является их сбор, который включает нормирование и планирование сбора, учет количества собранных масел, техническое обеспечение их приема, хранения, транспортировки и контроль качества.

Норма сбора отработанных масел — это максимальное технически обоснованное количество отработанных масел, которое может быть собрано при эксплуатации или ремонте техники и оборудования с учетом естественной убыли, возникающей в процессе сбора, транспортировки и хранения масел. Нормирование сбора отработанных масел производят для единичных машин, механизмов, двигателей и другого оборудования, а также для участков, цехов, предприятий и объединений.

Для регенерации отработанных масел применяют технологии, основанные на физических, физико-химических и химических процессах, заключающихся в удалении из них продуктов старения и загрязнений и последующем добавлением в них свежих присадок [4, 5].

К физическим способам относят обработку масел в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных и, реже, электрических, магнитных и вибрационных сил, а также фильтрование, водную промывку, выпаривание и вакуумную дистилляцию. Эти технологии позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и частично смолистые и коксообразные вещества, а также легкокипящие примеси.

Значительную часть твердых загрязнений и воды из отработанных масел можно удалить *отстаиванием*, которое является одним из наиболее простых способов и заключается в выпадении из масла под действием силы тяжести крупных взвешенных частиц с плотностью, превышающей плотность масла. Наиболее прост по аппаратурному оформлению процесс статического отстаивания в отстойниках периодического действия, однако он протекает медленно. Повышение эффективности отстаивания достигается снижением вязкости масла с помощью подогрева. В связи с тем что отстаивание не обеспечивает необходимой степени очистки отработанного масла, этот способ применяют, как правило, лишь для предварительной очистки.

Сократить продолжительность очистки по сравнению с отстаиванием можно с помощью центробежных сил. Такая очистка производится в гидроциклонах и центрифугах. Достоинства гидроциклонов — отсутствие движущихся частей, компактность, простота обслуживания, невысокая стоимость. Однако скорость движения частиц в гидроциклонах ниже, чем в центрифугах, поэтому мелкие частицы в них улавливаются плохо. Центрифуги выполняются трубчатыми, в которых центрифугирование осуществляется в толстом слое, и камерными, в которых центрифугирование происходит в тонких слоях. Для обезвоживания масла применяются главным образом трубчатые центрифуги, а камерные центрифуги более эффективны при удалении твердых частиц.

Значительную часть загрязняющих отработанное масло частиц составляют ферромагнитные частицы, образующиеся в процессе работы и износа двигателя. Для их удаления из масла применяют магнитные очистители, работа которых основана на использовании магнитного поля, создаваемого постоянными магнитами. Они улавливают частицы размером более 0,4 мкм. Для эффективности процесса очистки необходимо совместить направления движения очищаемого масла с направлением силовых линий магнитного поля и обеспечить ламинарный характер потока жидкости.

Очистка минеральных масел *фильтрованием* происходит путем отделения взвешенных в масле твердых частиц при прохождении через пористый фильтрующий материал. В качестве фильтровальных материалов применяют бумагу, картон, войлок, волокнистые маты, ткани, проволочные сетки. Процесс проводят в фильтрах периодического и непрерывного действия. К фильтрам

непрерывного действия относят ленточные, барабанные и дисковые вакуум-фильтры, а также фильтр-прессы. В периодическом режиме работают патронные фильтры со сменным картонным картриджом. Их применяют на заключительной стадии регенерации для тонкой очистки масел.

Для удаления из масла водорастворимых низкомолекулярных кислот, солей органических кислот, образующихся при щелочной очистке отработанных масел, а также иногда для частичного удаления из масел углеводородных загрязнений в виде кокса применяется *водная промывка*. Для удаления воды из сильно обводненных масел отработанные масла нагревают до 70...80 °С, выдерживают при этой температуре несколько часов, затем нагревают до 110 °С. Процесс энергоемок и продолжителен по времени, его проводят в резервуарах, снабженных трубчатыми, змеевиковыми, секционными и другими обогревательными устройствами.

Обезвоживание можно вести путем барботажной продувки сухого воздуха через слой обводненного масла, для чего на дне резервуара размещаются перфорированные трубы, в которые подается сухой нагретый воздух.

Вакуумная отгонка отработанного масла проводится в колонне с использованием тонкоплочного испарителя. Остаточное давление составляет 8...12 кПа, температура на первой стадии поддерживается в пределах 218...260 °С, а на второй — 325...345 °С. Достоинствами этого способа регенерации являются высокое качество получаемого продукта, максимальное использование сырья, возможность применения стандартного оборудования нефтепереработки и простота регулирования технологического режима. Его применяют при переработке крупных партий отработанных масел в условиях специализированного производства.

К физико-химическим способам регенерации отработанных масел относят коагуляцию, адсорбцию и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений. Разновидностью адсорбционной очистки является ионно-обменная очистка.

Наиболее широкое распространение получил процесс *коагуляции* с помощью неорганических и органических электролитов и поверхностно-активных веществ. Внесение в масло коагулянтов способствует укрупнению и удалению продуктов старения масел [6].

Указанные соединения позволяют полностью удалить из отработанного масла мелкодисперсные



механические примеси, нерастворимые в масле продукты старения, кроме того, вызывают снижение кислотного числа, зольности, коксуемости масел. Наиболее эффективным коагулянтом является метасиликат натрия. Оптимальная концентрация его водного раствора — 30 %, а расход составляет 5 % от массы очищаемого масла.

Для повышения качества масла после обработки коагулянтами осуществляют его адсорбционную очистку, которая заключается в том, что загрязняющие масло продукты адсорбируются гранулами адсорбента, имеющими высоко развитую поверхность. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем материалы (силикагель, алюмогель, синтетические цеолиты).

Адсорбционная очистка может осуществляться перколяционным и контактным способом. Перколяционный способ, при котором масло пропускается через адсорбент, позволяет снизить его расход в сравнении с контактным способом, предусматривающим перемешивание масла с адсорбентом. Контактный способ получил более широкое распространение из-за простоты применяемого оборудования. К недостаткам этого способа следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента после очистки масла.

Ионно-обменная очистка основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Процесс такой очистки можно осуществлять контактным способом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3...2,0 мм или перколяционным способом при пропуске масла через заполненную ионитом колонну. Ионно-обменная очистка позволяет удалить из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Селективная очистка отработанных масел основана на растворении загрязняющих компонентов в селективных растворителях, в качестве которых применяют фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, ацетон и другие жидкости. Смесь, полученную в результате обработки масла селективным растворителем, разделяют на две фазы — рафинад (чистое масло, содержащее небольшие примеси растворителя) и экстракт (растворитель с содержащимися в нем загрязнениями). Затем производят отгонку растворителя

из рафинада и экстракта для повторного использования.

Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа смеситель-отстойник в сочетании с испарителем для отгонки растворителя (ступенчатая экстракция), или в двух колоннах. В этом случае для удаления из масла загрязнения используют экстракционную колонну, а для отгонки растворителя — ректификационную.

Физико-химические способы очистки отработанных масел позволяют получать базовые масла высокого качества, но для этих способов очистки реализации необходимо дорогостоящее оборудование, а сами процессы многостадийны. В связи с этим их реализация возможна только на крупных предприятиях с большими объемами производства при хорошо организованном сборе и логистике отработанных масел.

Химические способы очистки основаны на химическом взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, с вводимыми в эти масла реагентами. При этом в результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим способам относятся кислотная и щелочная очистка, гидрогенизация, а также осушка и очистка от загрязнений с помощью оксидов, карбидов и гидридов металлов.

Кислотная очистка масла концентрированной серной кислотой позволяет удалить из масла асфальто-смолистые соединения и другие продукты старения (карбоновые и оксикислоты, фенолы и т. д.). Одновременно с химическими реакциями между серной кислотой и продуктами окисления масел происходит растворение в ней некоторых загрязняющих масло веществ (например, нефтяных кислот). Для регенерации минеральных масел обычно используется серная кислота концентрацией 93...96 %.

Щелочная очистка применяется после кислотной обработки для нейтрализации веществ кислого характера. При этом образуются водорастворимые соли, удаляемые из масла путем отстаивания. Для регенерации масел используется обычно 2...10 %-ный раствор едкого натра, 10...20 %-ный раствор кальцинированной соды или тринатрийфосфата, иногда применяют гашеную известь. Температура поддерживается в пределах 70...80 °С. Отстаивание водного раствора щелочи и продуктов реакции длится 12...16 ч.

В промышленности используются комплекты установки для регенерации отработанных минеральных масел, в которых сочетаются

различные способы восстановления продуктов до требований стандартов. Среди них есть промышленные стационарные установки с большой производительностью и небольшие аппараты, предназначенные для очистки масел на транспортных и промышленных предприятиях.

Заключительной стадией любой технологии регенерации отработанных масел является введение в очищенное базовое масло присадок в соответствии с назначением производимого продукта. В ряде случаев целесообразна очистка сравнительно небольших количеств отработанных масел непосредственно на месте образования с целью повторного их использования [7]. Такая очистка целесообразна в тех случаях, когда ресурс работы присадок не выработан, а масло требует только очистки от загрязнений.

Сжигание отработанных масел

Отработанные масла часто используются в качестве высококалорийного топлива. Процесс сжигания нефтесодержащих отходов может реализовываться в топках различной конструкции: камерных, циклонных и др. Сжигание в циклонных печах создает хорошее перемешивание масла с воздухом и обеспечивает полноту его сгорания. Печи для сжигания масла должны быть оборудованы высокоэффективными горелками и газоочистным оборудованием. Сжигание отработанных масел в неконтролируемых условиях приводит к загрязнению окружающей среды.

Проведенными в странах Европейского союза клиническими исследованиями доказано, что загрязняющие вещества, образующиеся при низкотемпературном (температура пламени не более 450 °С) сжигании отработанных масел, негативно влияют на организм человека [8].

ГОСТ Р 55832—2013 "Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Экологически безопасная ликвидация отработанных масел" допускает использование отработанных масел в качестве вторичного топлива с соблюдением требований экологической безопасности. При этом отработанные масла должны быть предварительно очищены от осадка и взвешенных веществ. Отработанные масла можно сжигать в печах для обжига цемента, на асфальтобетонных заводах, в металлургии при выплавке железа, свинца, олова, алюминия и других металлов.

Заключение

Отработанные масла являются ценным техногенным сырьем, использование которого может осуществляться различными способами, позволяющими получать регенерированные продукты высокого качества. Для реализации этих процессов выпускаются комплектные установки разной производительности, пригодные для использования как небольшими транспортными организациями, так и крупными регенерационными предприятиями.

Очищенные от загрязнений масла могут использоваться и в качестве топлива для получения тепловой энергии. Их сжигание должно производиться в специальных установках, исключающих загрязнение окружающей среды токсичными продуктами, содержащимися в дымовых газах.

Рациональное обращение с отработанными маслами позволяет снизить вызываемые ими экологические риски. Низкий уровень применения отработанных масел является следствием недостаточного экономического и административного управления обращением с отходами.

Список литературы

1. **Утилизация** отработанного масла: синтетического и минерального. URL: <https://oils.globecore.ru/utilizaciya-sinteticheskikh-i-mineral.html> (дата обращения 16.01.2019).
2. **Чудиновских А. Л., Лашхи В. Л., Спиркин В. Г.** Влияние моторных масел на загрязнение окружающей среды // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2014. — № 1. — С. 7—10.
3. **Игнатьев Л. А., Круне Т. И.** Эффект воздействия высокомолекулярных компонентов нефти на свойства почвы и продукционный процесс растений // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 9. — С. 19—25.
4. **Бобович Б. Б.** Переработка промышленных отходов: Учебник для вузов. — М.: СП "Интернет Инжиниринг", 1999. — 445 с.
5. **Dalla Giovanna F., Khlebinskaia O., Lodolo A., Miertus S.** Used oil regeneration technologies. International center for science and high technology. United Nations Industrial Development Organization. — Trieste, 2003. URL: <http://capacitydevelopment.unido.org/wp-content/uploads/2014/11/95.-Compendium-of-Used-Oil-Regeneration-Technologies.pdf> (дата обращения: 16.01.2019).
6. **Глубокая очистка** работающего в двигателе моторного масла без его слива из картера двигателя / В. В. Остриков, А. В. Забродская, В. С. Вязинкин, В. В. Сафонов, К. В. Сафонов // Научная жизнь. — 2018. — № 6. — С. 12—17.
7. **Бобович Б. Б., Дунаев А. В.** Утилизация отработанных моторных масел в фермерских хозяйствах // Сельский механизатор. — 2017. — № 6. — С. 42—43.
8. **Позин С. Г., Косяченко Г. Е., Кирейков А. А.** Проблемы влияния сжигания отработанных масел на здоровье // Военная медицина. — 2018. — № 4 (49). — С. 53—56.



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

The Reduction of Environmental Risks in Waste Oil Management

Environmental risks, arising from the treatment of waste mineral oils, are analyzed and their negative impact on the biosphere is shown. Physical, physico-chemical and chemical methods of purification of waste oils from pollution are considered. The expediency of regeneration of the waste oils, cleared of pollution, by addition of fresh additives, and also their use as high-calorie fuel in industrial furnaces is shown. The rational handling of waste oils reduces the environmental risks, they cause. The low level of use of waste oils is a consequence of inefficient economic and administrative management of waste management.

Keywords: waste oils, environmental risks, pollutions removal, regeneration, combustion

References

1. **Utilizatsiya** otrabotannogo masla: sinteticheskogo i mineral'nogo. URL: <https://oils.globecore.ru/utilizatsiya-sinteticheskikh-i-mineral.html> (data of access 16.01.2019).
2. **Chudinovskikh A. L., Lashkhi V. L., Spirkin V. G.** Vliyanie motornykh masel na zagryaznenie okruzhayushhej sredy. *Zashhita okruzhayushhej sredy v neftegazovom komplekse*. 2014. No. 1. S. 7—10.
3. **Ignat'ev L. A., Krune T. I.** Ehffekt vozdeystviya vysokomolekulyarnykh komponentov nefi na svoystva pochvy i produktsionnyj protsess rastenij. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2016. No. 9. P. 19—25.
4. **Bobovich B. B.** Pererabotka promyshlennykh otkhodov: Uchebnik dlya vuzov. Moscow: SP "Intermet Inzhiniring", 1999. 445 p.
5. **Dalla Giovanna F., Khlebinskaia O., Lodolo A., Miertus S.** Used oil regeneration technologies. International center for science and high technology. United Nations Industrial Development Organization. Trieste. 2003. URL: <http://capacitydevelopment.unido.org/wp-content/uploads/2014/11/95.-Compendium-of-Used-Oil-Regeneration-Technologies.pdf> (date of access 16.01.2019).
6. **Glubokaya ochildka** rabotayushhego v dvigatele motornogo masla bez ego sliva iz kartera dvigatelya. V. V. Ostrikov, A. V. Zabrodskaya, V. S. Vyazinkin, V. V. Safonov, K. V. Safonov. *Nauchnaya zhizn'*. 2018. No. 6. P. 12—17.
7. **Bobovich B. B., Dunaev A. V.** Utilizatsiya otrabotannykh motornykh masel v fermerskikh khozyajstvakh. *Sel'skij mekhanizator*. 2017. No. 6. P. 42—43.
8. **Pozin S. G., Kosyachenko G. E., Kirejkov A. A.** Problemy vliyaniya szhiganiya otrabotannykh masel na zdorov'e. *Voen'naya meditsina*. 2018. No. 4 (49). P. 53—56.

9-я специализированная выставка

Безопасность. Охрана. Спасение / SENTEX

12—14 ноября 2019. Нижний Новгород. Нижегородская Ярмарка

Тематика выставки:

- Предупреждение и ликвидация ЧС
- Пожарная безопасность
- Поисковая и аварийно-спасательная деятельность
- Медицина катастроф
- Промышленная и экологическая безопасность
- Технические средства и системы безопасности
- Охрана и безопасность труда
- Охранное телевидение и наблюдение
- Системы защиты периметра. Ограждения
- Транспортная безопасность
- Оборудование и системы безопасности информации и связи

Подробности: http://www.yarmarka.ru/catalog/15/496/sentex_2019.html

В. Д. Катин, д-р техн. наук, проф, проф. кафедры, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, проф. кафедры, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск,
С. В. Булгаков, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: Bulgakov62@mail.ru, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Технические решения и рекомендации по выбору эффективных горелочных устройств и их рациональной компоновки для трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов

Приведены данные критического анализа технического состояния парка горелочных устройств, эксплуатируемых на жидком и газообразном топливе на предприятиях нефтепереработки. Показаны эксплуатационные и конструктивные недостатки действующих газомазутных горелочных устройств, работающих в составе трубчатых технологических печей. Обосновывается необходимость учета экологических параметров работы топливосжигающих устройств при их подборе для печей и рациональном размещении на печных агрегатах. Разработаны и предложены к практическому применению рекомендации и технические решения по выбору экологически эффективных горелочных устройств для трубчатых печей с учетом варианта их компоновки на печах.

Ключевые слова: нефтезаводские трубчатые печи, газомазутные горелочные устройства, сжигание жидкого и газообразного топлива, рациональная компоновка, вредные выбросы, оксиды азота, малотоксичные и малозумные горелочные устройства, диффузионные и инжекционные горелочные устройства, дутьевые вихревые и прямоточные горелочные устройства, экологическая эффективность

Введение

Горелочные устройства (ГУ) трубчатых печей нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) играют важную роль в осуществлении технологического процесса в печных агрегатах и организации непосредственно горения топлива. Они являются их важнейшими конструктивными элементами и должны обеспечивать не только эффективное сжигание топлива (полное горение с минимальным избытком воздуха), но и требуемый теплообмен в топочном пространстве, создавая оптимальный температурный профиль по длине трубчатого змеевика с целью получения максимального выхода целевых продуктов в соответствии с технологическим регламентом [1, 2]. На НПЗ эксплуатируются тысячи технологических печей, в составе которых работают десятки тысяч различных ГУ (горелок).

Проблема проектирования рациональных типов горелок, модернизации и разработки новых конструкций ГУ для трубчатых нагревательных печей всегда считалась одной из актуальных и сложных. На протяжении многих лет выпускаемые отечественной

промышленностью горелочные устройства в основном конструкции ВНИИнефтемаша являлись универсальными и использовались в различных типах трубчатых печей без учета каких-либо специфических конструктивных особенностей, а также параметров и условий работы: состава и вида сжигаемого топлива, подогрева воздуха и др. В настоящее время проектирование ГУ для отечественных нефтезаводских печей производится в полном соответствии с требованиями государственного стандарта [3].

В зарубежной европейской практике создание ГУ осуществляется в соответствии с требованиями стандартов DIN 4788 для газообразного топлива и DIN 4787 для жидкого топлива [4].

При этом качество горелки может быть оценено только в совокупности с топочным устройством печи, конструкция и режим работы которой зависят от технологического процесса и, безусловно, самого процесса горения. Под оптимальным режимом работы ГУ в трубчатой печи следует понимать такие условия эксплуатации, при которых достигаются максимальный КПД печного агрегата, экономичность горения топлива и их экологичность [5].



Анализ конструктивных и эксплуатационных недостатков действующих горелочных устройств трубчатых печей

Нельзя не отметить, что конструкция топочно-го устройства нефтезаводских печей предопределяет варианты компоновки ГУ, их взаимное расположение, взаимодействие факелов, время пребывания продуктов горения в топочном объеме и интенсивность их охлаждения. Конструкцией ГУ, в первую очередь, в значительной степени определяется качество подготовки газозвушной смеси, скорость реакции горения, формирование температурного поля факела и распределение локальных концентраций горючего и окислителя в пламени и продуктах горения.

Применительно к реальным заводским условиям в настоящее время подбор стандартных горелок конструкции ВНИИнефтемаша определяется исходя из их тепловой мощности, требований равномерного распределения тепловых потоков на экранных поверхностях нагрева, а также удобством расположения ГУ и надежной работы. В связи с этим в ряде случаев имеет место неправильный подбор тех или иных конструкций ГУ для печных агрегатов и недостаточно обоснованная схема их размещения на печах. Так, опыт эксплуатации горелок типа ГП с жидкостной форсункой, предназначенной для вертикальной и горизонтальной установки на печах, показывает, что при наклонном расположении форсунки с поступлением в нее жидкого топлива в смесителе происходит расслоение фаз и пульсационный выброс нераспыленного мазута. В комбинированных горелках типа ГЭВК, запроектированных для оснащения трубчатых печей большой единичной мощности, наблюдается явление попадания капель мазута в газовые сопла, в результате чего нарушается совместное сжигание газа и мазута. Причиной этого является расположение газовой части горелки в одной камере с жидкостной форсункой. Аналогичный конструкционный недостаток имеется также у инжекционных ГУ типа ГИК, находящихся в эксплуатации на ряде печей НПЗ [6].

Анализ результатов исследования печей, оборудованных комбинированными инжекционными горелками ГЭВК, ГИК и др., позволил установить, что данные ГУ при совместном сжигании газа и мазута страдают следующими конструктивными и эксплуатационными недостатками [6, 7]:

- неудачная конструкция газовых сопел, образующих истечение газовых струй параллельно потоку воздуха, что существенно ухудшает процесс образования газозвушной смеси в корпусе горелочного устройства и приводит к значительному обгоранию сопел и корпуса ГУ;

- газовые сопла в случае совместного сжигания газа и мазута закоксовываются, в связи с чем уменьшается подача газа и частично или полностью прекращается горение, что приводит к нарушению теплового режима трубчатой печи;

- имеют место случаи неустойчивого горения нефтезаводских водородсодержащих газов, когда происходит проскок пламени в ГУ, который нередко сопровождается локальным взрывом газозвушной смеси, а это создает реальную опасность для обслуживающего персонала;

- прогар металлического корпуса ГУ и выход их из строя вызывает необходимость вынужденной остановки печи на ремонт, который приводит к существенным капитальным и эксплуатационным затратам;

- наблюдаются повышенные выбросы оксидов азота в атмосферу из инжекционных ГУ вследствие максимальной температуры горения, развиваемой в топке;

- появляются продукты неполного сгорания топлива при работе ГУ на нефтезаводских газах переменного состава, что свидетельствует о перерасходе топлива и загрязнении воздушного бассейна токсичными веществами;

- имеет место повышенный уровень звукового давления, создаваемый работающими ГУ, который превышает допустимые экологические нормативы.

Таким образом, при правильном подборе ГУ для того или иного печного агрегата необходимо учитывать весь комплекс вопросов, связанных с их эксплуатацией: полноту сгорания топлива, требуемый теплообмен в печи и поддержание заданной по регламенту температуры подогрева нефти и нефтепродукта, минимальное образование токсичных веществ в продуктах горения, а также малозумную их работу.

При проектировании и эксплуатации трубчатых печей возникают технические проблемы, связанные с правильным выбором эффективных типов и конструкций ГУ и их рациональной компоновки на печных агрегатах с учетом предъявляемых современных экологических требований. Поскольку проектные отраслевые организации практически не имеют нормативных требований по проектированию малотоксичных и малозумных топливосжигающих устройств и руководящих документов по их подбору для действующих печей, авторами разработаны практические технические решения на основе анализа результатов ранее выполненных экологических исследований ГУ для печного парка ряда нефтеперерабатывающих предприятий [4, 6–8]. При выборе того или иного типа (конструкции) ГУ необходимо руководствоваться рассмотренными ниже рекомендациями, которые должны уточняться в каждом отдельном случае с учетом реальных условий.

Рекомендации по повышению эффективности применения газовых инжекционных горелочных устройств для цилиндрических трубчатых печей

Для топочного устройства нефтезаводской печи необходима организация такого метода сжигания топлива и таких конструкций ГУ, при которых габаритные и теплообменные параметры факела (его длина, тепловой поток) наиболее соответствуют относительному расположению экранных поверхностей нагрева или размерам и конфигурации топки. За рубежом признано целесообразным приспособление длины и формы факела пламени горелки к заданной геометрии топочной камеры. В связи с этим ее контур выполняют так, чтобы топка охватывала факел, получающийся при выбранной компоновке ГУ. Подобный подход следует использовать на стадии проектирования отечественных конструкций печей во избежание прямого касания факелов экранных труб и их прогара.

Сокращение длины мазутного или газового факела горелок можно достичь следующими методами: повышением степени крутки воздушного потока, улучшением предварительного смешения топлива с воздухом в ГУ, уменьшением единичной мощности ГУ и увеличением их количества, а также комбинацией перечисленных способов [9, 10].

Так, для печных агрегатов вертикально-цилиндрической конструкции во избежание контакта факела с экранными трубами могут быть рекомендованы инжекционные ГУ при эксплуатационных условиях небольших колебаний теплоты сгорания и давления газа и возможности достижения температуры по технологическому регламенту без подогрева воздуха. Однако, по результатам исследований [6, 7], инжекционные ГУ нуждаются в конструктивном усовершенствовании с целью сокращения выбросов оксидов азота с продуктами сгорания. Так, для ГУ типа ГЭВК разработаны рекомендации по его конструкции, заключающиеся в дополнительной подаче вторичного воздуха в зону горения через ряд отверстий, специально проделанных в верхней части корпуса ГУ [9].

В результате этой модернизации организуется двухступенчатый подвод воздуха на сжигание газомазутного топлива, что по сравнению с одноступенчатой подачей воздуха обеспечивает существенное снижение концентрации оксидов азота в продуктах горения модернизированного ГУ. В результате подобной реконструкции данные ГУ будут отвечать современным экологическим требованиям.

Рекомендации по эффективному использованию диффузионных комбинированных горелочных устройств при сжигании газа и мазута

Диффузионные горелки типа ГП по данным исследований [7] относятся к числу малотоксичных и малошумных ГУ и их целесообразно применять в нефтезаводских печах, имеющих топку значительных габаритных размеров, требующих светящегося длинного факела с относительно равномерным нагревом больших площадей. Следует отметить, что диффузионные ГУ могут работать как на подогретом воздухе, так и на холодном дутье. При этом последний вариант эксплуатации данных горелок отвечает минимальному выбросу оксидов азота [10]. Кроме того, эти ГУ обладают большим диапазоном регулирования тепловой мощности, более устойчивы, чем инжекционные ГУ к колебаниям давления и теплоты сгорания газа, имеют допустимые шумовые характеристики. Последнее обстоятельство играет определяющую роль при оценке той или иной конструкции ГУ с точки зрения снижения шумового воздействия на обслуживающий персонал [7].

Комбинированные газомазутные ГУ применяются в трубчатых печах, для которых предусмотрено жидкое (резервное) топливо, а также в случае дополнительного придания факелу светимости. При этом наиболее рациональным режимом эксплуатации подобных ГУ является совместное сжигание газа и мазута в соотношении 0,5:0,5 (по тепловыделению) с точки зрения сокращения выбросов оксидов азота и оксидов серы по сравнению с отдельным горением жидкого топлива.

В этом случае при одновременном сжигании газа и мазута в корпусе одного ГУ предлагается размещение двойной расчлененной амбразуры в ГУ, чтобы вынести зону воспламенения жидкого топлива за пределы зоны горения газа и, тем самым, исключить негативное взаимодействие мазутного и газового факелов, что повышает эффективность совместного сжигания топлив. В результате указанного конструктивно-технического решения обеспечивается организация двухступенчатого подвода воздуха на горение топлива, что снижает образование оксидов азота почти на 40...50 % по сравнению с обычным одноступенчатым сжиганием [6]. Отметим, что при эксплуатации подобных ГУ в большинстве случаев не требуется существенной реконструкции схем подачи топлива и воздуха на нефтезаводских печах.

Разработанные авторами принципиально новые конструкции комбинированного ГУ типа ГП широко применяются на отечественных НПЗ. Предлагаемые к внедрению технические разработки защищены авторскими патентами [11, 12] и



позволяют значительно повысить экологическую эффективность действующих нефтезаводских печей в результате снижения уровня вредных выбросов трудно обезвреживаемых оксидов азота, а также продуктов неполного горения топлива — оксида углерода (II), бензапирена и др. Согласно авторскому техническому решению сущность реконструкции горелочного устройства типа ГП заключается в перемещении форсунки к выходу амбразуры ГП и дополнительном устройстве канала с заслонкой для подачи рециркулирующих газов через отверстие в амбразуру ГУ, что приводит к снижению концентрации оксидов азота на 15...20 % при совместном сжигании газомазутного топлива [12].

Рекомендации по использованию дутьевых горелочных устройств

На основе результатов экспериментальных исследований различных конструкций дутьевых горелок типа ГП-2 с завихрителем А, ГУ типа Е-2 с завихрителем Т и ГУ типа ГП-2,5Д с завихрителем ТЛ по изучению влияния степени крутки воздуха на экологичность работы (по выбросу оксидов азота и уровню создаваемого шума) [13] установлено, что среди исследованных ГУ наиболее эффективными с экологической точки зрения являются ГУ типа ГП-2 как малотоксичные и малозумные. Кроме того, определена опытным путем величина степени крутки воздуха (0,5...0,7), при которой целесообразно эксплуатировать дутьевые вихревые горелки и при этом экологические параметры работы будут соответствовать современным требованиям.

В результате, можно сделать вывод, что прямоточные конструкции ГУ имеют экологические преимущества по сравнению с вихревыми дутьевыми горелками, что объясняется особенностями прямоточного факела, в котором важное и определяющее значение приобретает температурный фактор. Поэтому сам по себе выбор прямоточных ГУ является приоритетным мероприятием, позволяющим реально обеспечить снижение выбросов оксидов азота [10, 14].

Технические решения по выбору числа горелочных устройств, их рациональной компоновки на нефтезаводских печах

При определении числа ГУ, устанавливаемых на печных агрегатах, необходимо комплексно учитывать назначение, конструкцию и тепловую мощность трубчатой печи, а также вариант принятой компоновки ГУ. При этом увеличение числа ГУ позволяет обеспечивать заданный тепловой режим, улучшает возможность регулирования теплопроизводительности путем отключения

части ГУ, но в то же время усложняет наладку горения, автоматику и контроль за их работой. Вместе с тем необходимо отметить, что на стадии проектирования печей способом рассредоточения фронта горения, т. е. увеличением числа ГУ можно добиться предельно допустимых выбросов оксидов азота вследствие снижения максимальной температуры в топке [4, 10, 14].

В практике проектирования и эксплуатации трубчатых печей применяются различные варианты компоновок ГУ: фронтальная одноярусная односторонняя; то же двухсторонняя; фронтальная многоярусная (2, 4 и 6 ярусов); угловая и подовая [1, 2, 4].

В заводских условиях выбор конкретных компоновок ГУ определяется требованиями равномерного распределения тепловых потоков на экранных поверхностях, а также удобством установки и эксплуатации ГУ. В то же время нельзя не отметить, что влияние компоновки ГУ на уровень образования оксидов азота изучено еще не в полной мере. В работах [4, 6, 7] показано, что минимальная концентрация оксидов азота наблюдается при подовой компоновке ГУ, а максимальная — при фронтальной многоярусной, обеспечивающей более высокий температурный уровень в топке, чем в первом случае, за счет взаимного подогрева пламени верхних ГУ нижними ярусами горения. Следовательно, при выборе по экологическим соображениям следует отдавать предпочтение оптимальной подовой установке ГУ на печах.

При выборе на стадии проектирования оптимальной подовой компоновки ГУ и обоснования методов сжигания топлива в печах в обособленных факелах или со сливающимися пламенами рекомендуется преимущественное применение первого способа. Это объясняется тем, что при слиянии пламен отдельных ГУ наблюдается также повышенный (на 30...40 %) выброс оксидов азота, что связано с некоторым увеличением температурного уровня в топке за счет взаимного подогрева двух факелов и возрастанием времени пребывания реагирующих веществ в высокотемпературной зоне.

Заключение

На основании выполненных исследований практическое использование предлагаемых технических решений и рекомендаций поможет конструкторам, проектировщикам и эксплуатационникам на НПЗ более обоснованно и с учетом предъявляемых современных экологических требований подходить к выбору эффективных типов ГУ для нефтезаводских печей при решении различных научно-производственных проблем, включая экономичность и экологичность сжигания топлива, сокращение вредных выбросов в атмосферу и охрану окружающей среды от шумового воздействия.

Предлагаемая новая конструкция ГУ типа ГП позволит реально повысить экологическую безопасность эксплуатации действующих трубчатых нефтезаводских печей.

Список литературы

1. Шарихин В. В., Ентус Н. Р. Трубчатые печи нефтепереработки и нефтехимии: Учебное пособие. — М.: Сенсоры. Модули. Системы, 2000. — 392 с.
2. Жидков А. Б. Трубчатые нагревательные печи нефтепереработки и нефтехимии. — СПб: Артпроект, 2015. — 104 с.
3. ГОСТ Р 50591—2013. Агрегаты тепловые газопотребляющие. Горелки газовые промышленные. — М.: Стандартинформ, 2014. — 48 с.
4. Колмогоров А. Н., Катин В. Д. Проектирование высокоэффективных трубчатых печей для НПЗ: Обзорная информация. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. — 88 с.
5. Горелки для трубчатых печей. Информация о новых разработках ВНИИнефтемаша. — М.: ВНИИнефтемаш, 1999. — 40 с.
6. Катин В. Д. Модернизация горелочных устройств нефтезаводских трубчатых печей и охрана окружающей среды. — Владивосток: Дальнаука, 2011. — 196 с.

7. Катин В. Д., Березуцкий А. Ю. Горелки нефтезаводских печей и охрана окружающей среды от химического и шумового загрязнения. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 220 с.
8. Катин В. Д., Киселев И. Г. Результаты исследований эколого-технического уровня эксплуатации горелок котельно-печного парка Ачинского НПЗ // Нефтепереработка и нефтехимия. — 1999. — № 2. — С. 38—41.
9. Катин В. Д. Новые эффективные горелки и форсунки для нефтезаводских печей и котлов. — Хабаровск: ТОГУ, 2013. — 132 с.
10. Ахмедов Р. Б., Цирульникова Л. М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. — М.: Недра, 1984. — 238 с.
11. Патент № 139470. Россия, МКИ F23D 17/00. Газомазутная горелка. / Катин В. Д., Березуцкий А. Ю. Опубл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
12. Патент № 158820. Россия, МКИ F23D 17/00. Газомазутная горелка. / Березуцкий А. Ю., Катин В. Д. Опубл. 20.01.2016. Бюл. № 2.
13. Катин В. Д., Косыгин В. Ю., Березуцкий А. Ю., Кулябина Н. В. Влияние степени закрутки воздуха в горелках нефтезаводских печей на выброс оксидов азота и уровень шума // Безопасность в техносфере. — 2017. — № 5. — С. 56—60.
14. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — СПб.: Недра, 1998. — 312 с.

V. D. Katin, Professor of Chair, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Professor of Chair, Pacific State University, Khabarovsk, S. V. Bulgakov, Associate Professor, e-mail: Bulgakov62@mail.ru, Pacific State University, Khabarovsk

Technical Solutions and Recommendations for the Selection of Efficient Burners and their Rational Layout for Tubular Furnaces of Oil Refineries

The article presents the data of the critical analysis of the technical condition of the park of burners operated on liquid and gaseous fuels at the refineries. Shows operational and structural defects of the existing oil-gas burners, which consists of tubular process furnaces. The necessity of taking into account the environmental parameters of the fuel burning devices in their selection for furnaces and rational placement on the furnace units. Recommendations and technical solutions for the selection of environmentally efficient burners for tubular furnaces, taking into account the option of their layout on the furnaces, have been developed and proposed for practical application. Recommended for the implementation of the author's development of a new low-toxic burner device protected by patents for a utility model.

Keywords: oil refinery tubular furnaces, gas-oil burners, combustion of liquid and gaseous fuels, rational layout, harmful emissions, nitrogen oxides, low-toxic and low-noise burners, diffusion and injection burners, blast vortex and direct-flow burners, environmental efficiency

References

1. Sharikhrin V. V., Entus N. R. Tubular furnaces of oil and gas processing and petrochemistry. Moscow: Sensors. Modules. Systems, 2000. 392 p.
2. Zhidkov A. B. Tubular heating furnaces of oil processing and petrochemicals. Saint-Petersburg: Art projekt, 2015. 104 p.
3. ГОСТ R 50591—2013. Units thermal gas-consuming. Industrial gas burners. Moscow: Standardinform, 2014. 48 p.
4. Kolmogorov A. N., Katin V. D. Design of high-efficiency tubular furnaces for oil refineries. Survey information Moscow: Tsniiteneftekhim, 2005. 88 p.
5. Burners for tubular furnaces. Information on new developments of Vniineftemash. Moscow: Vniineftemash, 1999. 40 p.
6. Katin V. D. Modernization of burner devices of oil refinery tubular furnaces and environmental protection. Vladivostok: Dalnauka, 2011. 196 p.
7. Katin V. D., Berezutsky A. Yu. The burners for oil refinery furnaces and environmental protection from chemical and noise pollution. Vladivostok: Dalnauka, 2016. 220 p.

8. Katin V. D., Kiselev I. G. Results of researches of ecological and technical level of operation of burners of boiler and furnace Park of Achinsk oil refinery. *Oil refining and petrochemistry*. 1999. No. 2. P. 38—41.
9. Katin V. D. New efficient burners and injectors for oil refinery furnaces and boilers. Khabarovsk: TOGU, 2013. 132 p.
10. Akhmedov R. M., Nsirulnikova L. M. Nechnology of combustion of combustible gases and liquid fuels. Moscow: Nedra, 1984. 238 p.
11. Patent No. 139470. Russia, MКИ F23D 17/00. Gas-oil burner. / Katin V. D., Berezutski A. Yu. Publ. 20.04.2014. Bul. No. 11.
12. Patent No. 158820. Russia, MКИ F23D 17/00. Gas-oil burner / Berezutski A. Yu., Katin V. D. Publ. 20.01.2016. Bul. No. 2.
13. Effect of the degree of twist of air in the burners neft-zavodskaya furnaces for the emission of nitrogen oxides and noise / V. D. Katin, V. Yu. Kosygin, A. Yu. Berezutski, N. In. Kulyabin. *Safety in the technosphere*. 2017. No 5. P. 56—60.
14. Sigal I. Ya. Protection of the air basin during fuel combustion. Saint-Petersburg: Nedra, 2007. 269 p.



УДК 59.018

С. К. Петров¹, канд. техн. наук, доц. кафедры, **А. А. Пасечник²**, инженер-эколог, **Т. Н. Патрушева¹**, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: pat55@mail.ru, **А. Ю. Олейников¹**, канд. техн. наук, доцент кафедры

¹ Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

² ООО "ЭкоПромЦентр", г. Санкт-Петербург

Характеристика полигонов твердых отходов

Рассмотрены основные процессы, происходящие при размещении бытовых отходов на полигонах, строение полигона и требования к его эксплуатации. Представлены расчеты выделяемых в атмосферу загрязняющих веществ от полигона твердых отходов, выполненные по программе автоматизированного расчета "Эколог УПРЗА" (версия 3.0), разработанной Санкт-Петербургским НПО "Интеграл", и характеристика предприятия как источника загрязнения почвы и наземных вод.

Рассмотрены мероприятия, снижающие негативное воздействие полигона на окружающую среду. Отмечено, что устройства по сбору свалочного газа позволят существенно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также собранный свалочный газ может быть реализован в качестве продукции — газообразного топлива.

Ключевые слова: бытовые отходы, твердые коммунальные отходы, полигоны твердых отходов, биогаз, безопасная утилизация

Введение

В настоящее время существует острая проблема, связанная с образованием и удалением отходов жизнедеятельности населения.

Отходы можно удалять различными способами. Например, размещать на полигоне, сжигать, использовать некоторые виды отходов повторно (к примеру, пластиковую и стеклянную тару), обезвреживать, извлекать полезные компоненты или перерабатывать во вторсырье и пр. Каждый из этих способов имеет положительные и отрицательные стороны.

Например, размещение отходов на полигоне достаточно легкорезализуемый и, на первый взгляд, дешевый способ по сравнению с другими, но выделение вредных веществ в атмосферный воздух от разлагающихся отходов наносит вред окружающей среде. Выбросы при сжигании мусора могут оказаться в разы токсичнее и в большем количестве, по сравнению с полигоном. Существует немало способов минимизировать вредное воздействие на окружающую среду как от полигонов, так и от мусоросжигательных заводов, и даже можно извлечь выгоду от данных методов при раздельном сборе в ходе обезвреживания и утилизации отходов, а также при извлечении энергии из биогаза, выделяемого из свалочных масс на полигонах [1, 2].

Порядок учета и нормирования выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, включая

выбросы вредных веществ, возникающих при обращении с отходами, устанавливается Федеральным законом от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха" [3]. Закон также устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии [4–7].

Полигоны твердых коммунальных отходов

Назначение полигонов твердых отходов заключается в защите окружающей среды от продуктов разложения твердых коммунальных отходов (ТКО). В настоящее время понятие ТКО объединяет твердые бытовые и твердые муниципальные отходы.

С целью минимизации загрязняемых территорий захоронение мусора проводится по картовому методу. Как правило, каждый полигон разбивается на отдельные участки, которые эксплуатируются в течение 5–7 лет. Такая технология дает возможность поэтапно проводить природоохранные действия, не дожидаясь при этом завершения срока использования.

На первых стадиях захоронения отходов производится подготовка площадки (карты) и размещение на ней ТКО [8]. При этом большая площадь земельных угодий надолго выводится

из хозяйственного оборота. После прекращения эксплуатации полигона и многолетней выдержки в укрытом состоянии для полного разложения ТКО производится рекультивация и возврат земельного участка в хозяйственный оборот. Тело полигона укрывают слоем земли или рекультивационного покрытия и проводят комплекс агротехнических мероприятий, результатом которых служит готовность восстановленной почвы к использованию.

Полигон, согласно требованиям СП 320.1325800.2017 [9], должен располагаться на площади, основанием которой являются глина и тяжелые суглинки, либо необходимо создание водонепроницаемого основания. Средняя площадь полигона может составлять 50...300 га. Высота складирования отходов не должна превышать 60 м от основания. Полигоны ТКО имеют слоистое строение (рис. 1 — см. 3-ю стр. обложки). При этом производится постоянное уплотнение свалочных масс в ходе послыйного заполнения карты полигона.

Верхние слои свалочных масс выделяют "кислотные газы" (оксиды азота, диоксиды серы и углерода), а также пыль (в том числе биологическую). Глубокие слои выделяют биогаз (свалочный газ), в составе которого содержатся метан (40...75 %) и диоксид углерода (30...45 %), а также азота диоксид до 16 %, серы диоксид до 13 %, сероводород до 5 %, диметилбензол (ксилол) до 8 %, формальдегид до 17 % [8]. Помимо этого, свалочный газ может содержать большое количество токсических органических соединений, являющихся к тому же источником неприятного запаха. Из 1 т ТКО образуется примерно 4...5 м³ свалочного газа.

При скоплениях свалочного газа образуются пожаро- и взрывоопасные условия как на самих полигонах размещения отходов, так и в близлежащих зданиях и сооружениях. При самовозгораниях или несанкционированных поджогах отходов образуются токсичные вещества, в том числе диоксины, являющиеся суперэкоотоксикантами. Известно также много случаев отравлений при техобслуживании заглубленных инженерных коммуникаций неподалеку от полигонов размещения отходов.

Еще одним источником загрязнения окружающей среды при размещении отходов на полигоне является так называемый фильтрат — это сложная и неоднородная по химическому составу жидкость, возникающая в результате инфильтрации атмосферных осадков вглубь полигона размещения отходов и концентрирующаяся в его основании (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки).

Фильтрат, проходя через слои отходов, наполняется ядовитыми веществами, имеющимися

в составе свалочных масс или являющимися продуктами их разложения. В нем концентрируются органические и неорганические соединения и тяжелые металлы. Фильтраты содержат биологически трудноокисляемую органику, например, галогенорганические соединения, органические комплексы, содержащие азот, вследствие чего обладают очень высоким значением показателя химического потребления кислорода (ХПК), который может достичь 40 000 мг О₂/л.

Санитарно-эпидемиологическая опасность фильтрата усугубляется содержанием патогенных микроорганизмов. Сброс загрязненного токсичными соединениями фильтрата в водоем культурно-бытового, а тем более рыбохозяйственного, назначения, категорически недопустим без тщательной и многоступенчатой очистки. На практике загрязнение подземных и поверхностных вод фильтратными выделениями полигонов ТКО происходит в том числе из-за несовершенных технологий водоподготовки и обеззараживания с использованием хлора.

Положение усугубляется тем, что помимо пищевых отходов, бумажно-картонных изделий, стеклянной, пластиковой и металлической тары, выбрасываются вместе с ними отходы, содержащие опасные вещества: ртутьсодержащие лампы и термометры, лекарственные препараты с истекшим сроком годности, батарейки, содержащие токсичные тяжелые металлы, упаковка и тара, загрязненные лаками, красками и прочими ядохимикатами [10, 11].

Характеристика полигона ТКО как источника загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод

Современный полигон ТКО — это сложный комплекс инженерных сооружений, включающий ограждение, водоотводные каналы, рабочую карту, емкости для сбора фильтрата, площадку для компоста, комплекс по сортировке отходов и административные помещения (рис. 3 — см. 3-ю стр. обложки).

Проведены исследования полигона ТКО в Ленинградской области (на территории Пикалевского района). Для сбора фильтрата с рабочих карт на полигоне организована дренажная система. Фильтрат и загрязненные поверхностные стоки накапливаются в приемном колодце. Увлажнение отходов осуществляется из приемных колодцев. Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты отсутствует. Периодически осуществляется чистка лотков дренажных канав.

Для контроля за состоянием грунтовых вод, в зависимости от глубины их залегания,



используются контрольные шурфы, колодцы или скважины в зеленой зоне полигона. Одно контрольное сооружение расположено выше полигона по потоку грунтовых вод с целью отбора проб воды, на которую отсутствует влияние фильтрата с полигона. Ниже полигона по течению грунтовых вод также закладывают шурфы, скважины для отбора проб воды, учитывающих влияние полигона. В отобранных пробах обычно определяют содержание аммиака, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, хлоридов, железа, сульфатов, лития, ХПК, БПК, органического углерода, рН, магния, кадмия, хрома, цианидов, свинца, ртути, мышьяка, меди, кадмия, бария, сухого остатка и др.

Во избежание аварийных мероприятий проводится систематический контроль за выполнением технологических инструкций и мероприятий по охране труда, промсанитарии, пожарной профилактике и технологических инструкций по размещению отходов на полигоне.

Расчеты и определение предельно допустимого выброса

Ежегодно на полигоне захоронению подлежат более 4000 т отходов. Количество выбросов свалочного газа от полигона в ближайшее время будет увеличиваться, так как увеличивается количество разлагающихся отходов, являющихся источником выбросов биогаза. К 2022 г. валовый выброс свалочного газа за год составит 245 т, что на 50 т больше, чем в 2017 г.; выброс метана составит 235 т, что на 48 т больше, чем в 2017 г.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы выполнен по программе автоматизированного расчета "Эколог УПРЗА" (версия 3.0), разработанной Санкт-Петербургским НПО "Интеграл", с использованием методических указаний по расчету количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов [7, 12–16].

Для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, выделяющихся при анаэробном разложении, принят следующий усредненный состав отходов:

- содержание органической составляющей в отходах $R = 55 \%$;
- содержание жиров в органике отходов $Ж = 2 \%$;
- содержание углеводов в органике отходов $У = 83 \%$;
- содержание белков в органике отходов $Б = 15 \%$;
- средняя влажность отходов $W = 47 \%$.

Соотношения компонентов в органической составляющей отходов определены анализами

отбираемых проб. Удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении определяется по уравнению [12]:

$$Q = kR(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (1)$$

где k — это безразмерный коэффициент, характеризующий влажность отходов, который изменяется в пределах от $1 \cdot 10^{-4}$ для абсолютно сухих отходов до $1 \cdot 10^{-6}$ для влажных отходов, подверженных метановому брожению.

В реальных условиях отходы содержат определенное количество влаги, которая сама по себе биогаз не генерирует. Следовательно, выход биогаза, отнесенный к единице массы реальных влажных отходов, будет меньше, чем отнесенный к той же единице абсолютно сухих отходов в $10^{-2}(100 - W)$ раз, так как в весовой единице влажных отходов абсолютно сухих отходов, генерирующих биогаз, будет всего $10^{-2}(100 - W)$ от этой единицы.

С учетом сказанного выше уравнение выхода биогаза при метановом брожении реальных влажных отходов принимает вид:

$$Q_w = kR(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б). \quad (2)$$

Таким образом, удельный выход биогаза (соотношение массы биогаза к массе отходов) за период активного его выделения составил 0,170236 кг биогаза/кг отходов.

При использовании расчетного метода инвентаризации выбросов полигона ТКО [12], установлен следующий среднестатистический состав биогаза (%): метан 52,915, толуол 0,723, аммиак 0,533, ксилол 0,443, углерода оксид 0,252, азота диоксид 0,111, формальдегид 0,096, этилбензол 0,095, ангидрид сернистый 0,070, сероводород 0,026, диоксид углерода 44,736.

Период активного выделения биогаза для г. Пикалево ($t_{\text{ср.тепл.}} = 11,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{тепл}} = 214$ дней) составил 23 года. Расчет рассеивания отдельных загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с указанием максимальных расчетных приземных концентраций на 2022 г. приведен в таблице.

Расчет рассеивания произведен также для всех образующихся загрязняющими веществами групп суммации. Результаты расчетов находятся в пределах норматива. Количественная характеристика выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ приведена по усредненным годовым значениям в зависимости от изменения режима работы предприятия, технологического процесса и оборудования.

Максимальные приземные концентрации всех загрязняющих веществ на границе санитарно-



Результаты расчетов приземных концентраций отдельных загрязняющих веществ от различных источников полигона

Загрязняющее вещество		ПДК	Расчетная максимальная приземная концентрация, доли ПДК		Вклад источника в суммарный выброс, %	Источник выброса
Код	Наименование		на границе СЗЗ 500 м	жилая застройка		
0301	Азота (IV) оксид	0,2	0,06	0,03	91,0	Стоянка и работа спецтехники
0303	Аммиак	0,2	0,02	0,01	100,0	Полигон ТБО
0304	Азот (II) оксид	0,4	Менее 0,01	Менее 0,01	75,0	Стоянка и работа спецтехники
0328	Углерод (Сажа)	0,15	0,02	0,01	99,0	Стоянка и работа спецтехники
0330	Сера диоксид	0,5	Менее 0,01	Менее 0,01	58,0	Полигон ТБО
0333	Сероводород	0,008	0,02	0,01	100,0	Полигон ТБО
0337	Углерод оксид	5	Менее 0,01	Менее 0,01	49,0	Стоянка и работа спецтехники
0627	Этилбензол	0,02	0,03	0,02	100,0	Полигон ТБО
0703	3,4-Бензпирен	1,00E-05	0,06	0,01	100,0	Отопительная печь
1852	2-Аминоэтанол	0,2	Менее 0,01	Менее 0,01	100,0	Ванна мойки колес
2732	Керосин	1,2	Менее 0,01	Менее 0,01	98,0	Стоянка и работа спецтехники
2902	Взвешенные вещества	0,5	Менее 0,01	Менее 0,01	92,0	Отопительная печь
2908	Пыль неорганическая: 70...20 % SiO ₂	0,3	Менее 0,01	Менее 0,01	100,0	Хранение и пересыпка грунта

защитной зоны (СЗЗ) и жилой застройки по результатам расчетов рассеивания не превышают 0,1 ПДК с учетом фоновых концентраций. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в районе расположения полигона следующие (мг/м³): диоксид серы — 0,013, оксид углерода — 2,5, диоксид азота — 0,083, сероводород — 0,004, формальдегид — 0,016. Расчетная санитарно-защитная зона во всех направлениях от границы промплощадки предприятия составила 500 м.

Основным источником выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух от полигона является выделение биогаза. Различают пять фаз процесса распада органической составляющей отходов на полигоне: 1-я фаза — аэробное разложение; 2-я фаза — анаэробное разложение без выделения метана (кислое брожение); 3-я фаза — анаэробное разложение с непостоянным выделением метана (смешанное брожение); 4-я фаза — анаэробное разложение с постоянным выделением метана; 5-я фаза — затухание анаэробных процессов. Первая и вторая фазы составляют около 700 дней. Длительность третьей и четвертой фазы для крупных полигонов — около 50 лет. За период анаэробного разложения отходов с постоянным выделением метана и максимальным выходом биогаза генерируется около 80 % от общего количества биогаза.

Расчет выбросов биогаза проведен для условий стабилизированного процесса разложения отходов при максимальном выходе биогаза, с учетом того, что стабилизация процесса газовыделения наступает в среднем через 2 года после захоронения отходов. Поступление биогаза с поверхности полигона в атмосферный воздух идет равномерно, без заметных колебаний его количественных и качественных характеристик.

Мероприятия, снижающие негативное воздействие полигона на окружающую среду

В качестве мероприятий, снижающих негативное воздействие полигона на окружающую среду, можно предложить монтаж устройств по сбору свалочного газа. Устройства по сбору свалочного газа позволят существенно снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Кроме того, собранный свалочный газ может быть реализован в качестве продукции — газообразного топлива.

Существует два различных способа эксплуатации газового потенциала полигонов ТКО: пассивная дегазация (биогаз поступает из свалочных масс в систему сбора и отведения под собственным давлением); активная дегазация (биогаз откачивается из тела карт полигона с применением

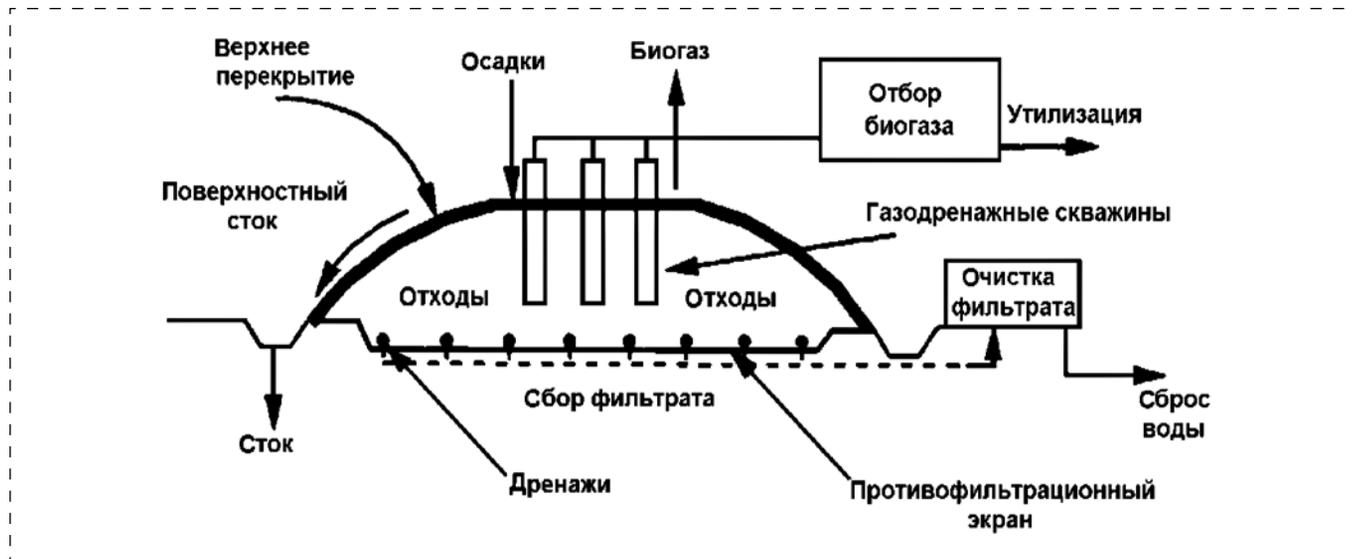


Рис. 4. Комплексная схема безопасной эксплуатации полигона ТКО

специальных приспособлений и устройств). Способ активной дегазации: для использования полигона ТКО в качестве техногенного месторождения горючего газа карты предварительно оборудуются газовыми коллекторами в виде вертикальных газовых колодцев (рис. 4); в виде горизонтально уложенных перфорированных труб; в виде гравийных (щебеночных) камер (резервуаров) и т. д. Необходимы также сборные газопроводы и газосборные пункты, устройства для отведения конденсата, компрессорные установки, оборудование для очистки собранного газа и другие устройства. Требуются площадки для размещения оборудования и соответствующие производственные помещения.

Упрощенная система сбора биогаза: образующийся при биоконверсии органических составляющих ТБО свалочный газ поступает через вертикальные скважины в коллектор. Далее газ принудительно подается в пункт газоподготовки для отделения от газового конденсата. Подготовленный газ направляется в газгольдер, либо непосредственно подается в блок когенерационных установок. Вырабатываемая генераторами электрическая и тепловая энергия по сетям подается потребителям. Газ, полученный из 1 млн т ТКО, в течение 15...20 лет обеспечивает работу двигателя электрической мощностью 800...1000 кВт. Из 1 т бытовых отходов можно получить 150...250 м³ свалочного газа с содержанием метана 60...80 %. Для повышения рентабельности газосбора полигон должен принимать большое количество отходов, содержание органических веществ в которых должно превышать 60 % (считая на сухую массу).

В большинстве стран выделение, очистка и сжигание биогаза оказываются экономически менее выгодными, чем использование природного горючего газа. Однако, директива Совета Европы 1999/31/ЕС о захоронении отходов (подтвержденная Решением Совета 2003/33/ЕС об установлении критериев и процедур по приему отходов на полигоны), требует от стран ЕС поэтапного снижения эмиссии биогаза на их территории, что стимулирует в ЕС сбор и использование биогаза.

Свалочный газ начали извлекать во многих странах в начале 1980-х гг. в целях предотвращения экологических проблем, пожаров и взрывов. Позже широкое распространение получило энергетическое использование свалочного газа. Подобные проекты снижают зависимость от отдельных энергоносителей, способствуют экономии, создают рабочие места и помогают развитию экономики на местах. В международном масштабе существуют значительные возможности для расширения применения энергии свалочного газа. В большинстве развитых стран этот процесс стимулируется государством с помощью специальных законов. Экономические показатели проектов по добыче и использованию свалочного газа могут быть достаточно рентабельными, особенно при наличии вблизи полигона ТКО промышленного потребителя газа.

Заключение

На основании проведенных расчетов по фактору загрязнения атмосферного воздуха на полигоне твердых отходов в Ленинградской области расчетная санитарно-защитная зона 500 м во всех

направлениях от границы промплощадки полигона обоснована. Сведения о результатах мониторинга и контроля состояния окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду показали, что превышений нормативов загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды и почву не наблюдается.

По результатам проведенных лабораторных исследований выявлено, что поверхностный сток с полигона по паразитологическим и санитарно-бактериологическим показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.5.980—00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод", СанПиН 2.1.7.573—96 "Гигиенические требования к использованию сточных вод и осадков для орошения и удобрения", СанПиН 3.2.3215—14 "Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации".

Необходимо неуклонно повышать процент утилизируемых отходов и снижать процент захоронения отходов. Тем не менее на ближайшее будущее использование полигонов для захоронения ТКО остается неизбежной необходимостью. Поэтому безусловное соблюдение режима экологически безопасной эксплуатации полигонов остается для Российской Федерации чрезвычайно актуальной. Не менее важным является решение проблемы утилизации выделяемого полигонами биогаза.

Список литературы

1. **Microbial community structure** and diversity in a municipal solid waste landfill / X. Wang, G. Zhao, R. Xu, A. Cao, C. Zhou // Waste Management. 2017. Vol. 66. P. 79—87.
2. **Municipal solid waste biochar** for prevention of pollution from landfill leachate / Y. Jayawardhana, P. Kumarathilaka, I. Herath, M. Vithanage // Environmental Materials and Waste: Resource Recovery and Pollution Prevention 2016. Elsevier Inc. Chapter 6. P. 117—148.
3. **Федеральный закон** "Об охране атмосферного воздуха" от 04.05.1999 № 96-ФЗ.

4. **СанПиН 2.1.7.1322—03** "Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления". Утвержден постановлением Министерства Здравоохранения РФ № 81 30.04.2003 г.
5. **Федеральный закон** "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 № 89-ФЗ (в ред. фед. закона № 503-ФЗ).
6. **Федеральный закон** "О лицензировании отдельных видов деятельности" от 04.05.2011 № 99-ФЗ.
7. **Гигиенические нормативы** ГН 2.1.6.3492—17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
8. **Венцюлис Л. С., Скорик Ю. И., Флоринская Т. М.** Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. — СПб.: Издательство ПИЯФ РАН, 2007. — 207 с.
9. **Свод правил** СП 320.1325800.2017 Полигоны для твердых коммунальных отходов — Проектирование, эксплуатация и рекультивация. — М.: РосГосстандарт, 2017. — 12 с.
10. **Экологические проблемы** производства и использования электронных средств / Т. Н. Патрушева, В. А. Барашков, О. В. Чурбакова, С. К. Петров // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. — 2018. — № 11. — С. 679—693.
11. **К вопросу** о безопасности работы на предприятиях микроэлектроники / Т. Н. Патрушева, В. А. Барашков, О. В. Чурбакова, С. К. Петров, С. А. Подорожняк, А. Л. Белоусов, В. А. Федяев // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 4. — С. 675—679.
12. **Методика** расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. — М., 2004.
13. **Методическое пособие** по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. СПб.: НИИ "Атмосфера", 2012.
14. **Гигиенические нормативы** ГН 2.2.5.3532—18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
15. **Нормативы** качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждены 13.12.2016 Министерством сельского хозяйства РФ.
16. **Гигиенические нормативы** ГН 2.1.7.2041—06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве (с изменениями, внесенными постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 июня 2017 года № 89).

S. K. Petrov¹, Associate Professor, **A. A. Pasechnik²**, Environmental Engineer, **T. N. Patrusheva¹**, Professor, e-mail: pat55@mail.ru, **A. Yu. Oleynikov¹**, Associate Professor

¹ Baltic State Technical University "VOENMECH" name after D. F. Ustinova, Saint-Petersburg,

² EcoPromCenter LLC, Saint-Petersburg

Characteristics of Solid Waste Landfill

The article describes the main processes occurring during the disposal of household waste at landfills. The structure of landfills and the requirements of its operation are considered. The upper layers of landfill masses emit the "acid gases" (nitrogen oxides, sulfur and carbon dioxide) as well as dust (including biological dust).



Along with landfill gas another source of environmental pollution is the filtrate, which concentrates at the base of the landfill. The compositions of landfill gas and filtrate are given.

The calculations of pollutants released into the atmosphere from the solid waste landfill, performed according to the "Ekolog UPRZA" computer-aided calculation program (version 3.0) developed by the Saint-Petersburg NPO Integral and the enterprise's characteristics as a source of soil and groundwater pollution are presented.

The measures to reduce the negative impact of the landfill on the environment are considered. Landfill gas collection devices will significantly reduce the emissions of pollutants into the atmospheric air, and the collected landfill gas can be realized as a product — gaseous fuel. A drainage system was organized to collect leachate from the landfill work cards. To control the state of groundwater, depending on the depth of their occurrence, control pits, wells, or wells in the green zone of the landfill are used.

Keywords: household waste, municipal solid waste, solid waste landfills, biogas, safe disposal

References

1. **Microbial** community structure and diversity in a municipal solid waste landfill / X. Wang, G. Zhao, R. Xu, A. Cao, C. Zhou. *Waste Management*. 2017. Vol. 66. P. 79–87.
2. **Municipal solid** waste biochar for prevention of pollution from landfill leachate / Y. Jayawardhana, P. Kumarathilaka, I. Herath, M. Vithanage. *Environmental Materials and Waste: Resource Recovery and Pollution Prevention 2016*. Elsevier Inc. Chapter 6. P. 117–148.
3. **Federal'nyj zakon** "Ob okhrane atmosfernogo vozdukh" ot 04.05.1999 No. 96-FZ.
4. **SanPiN 2.1.7.1322—03** "Gigienicheskie trebovaniya k razmeshheniyu i obezvezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya" utverzhden postanovleniem Ministerstva Zdravookhraneniya RF № 81 30.04.2003 g.
5. **Federalnyj-zakon** "Ob othodah proizvodstva i potrebleniya" ot 24.06.1998. No. 89-FZ (V redakcii federalnogo zakona No. 503-FZ).
6. **Federal'nyj zakon** "O litsenzirovanii otdel'nykh vidov deyatel'nosti" ot 04.05.2011 No. 99-FZ.
7. **Gigienicheskie normativy** GN 2.1.6.3492—17 "Predelno dopustimye koncentracii (PDK) zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe gorodskih i selskih poselenij.
8. **Ventsyulis L. S., Skorik Yu. I., Florinskaya T. M.** Sistema obrashheniya s otkhodami: printsipy organizatsii i otsenochnye kriterii. Saint-Petersburg: Izdatel'stvo PIYAF RAN, 2007. 207 p.
9. **Svod pravil** SP 320.1325800.2017 "Poligony dlya tvorydykh kommunal'nykh otkhodov — Proektirovanie, ehkspluatatsiya i rekul'tivatsiya". Moscow: RosGosstandart, 2017. 12 p.
10. **Ehkologicheskie problemy** proizvodstva i ispol'zovaniya ehlektronnykh sredstv / T. N. Patrusheva, V. A. Barashkov., O. V. Churbakova, S. K. Petrov. *ZHurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*. 2018. No. 11. P. 679–693.
11. **K voprosu** o bezopasnosti raboty na predpriyatiyakh mikroehlektroniki / T. N. Patrusheva, V. A. Barashkov, O. V. Churbakova, S. K. Petrov, S. A. Podorozhnyak, A. L. Belousov, V. A. Fedyaev. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2016. No. 4. P. 675–679.
12. **Metodika** rascheta kolichestvennykh kharakteristik vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot poligonov tverdykh bytovykh i promyshlennykh otkhodov. Moscow, 2004.
13. **Metodicheskoe posobie** po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu. Saint-Petersburg: NII "Atmosfera", 2012.
14. **Gigienicheskie normativy** GN 2.2.5.3532—18. Predelno dopustimye koncentracii (PDK) vrednykh veshchestv v vozduhe rabochej zony.
15. **Normativy** kachestva vody vodnykh obektov rybohozyajstvennogo znacheniya v tom chisle normativov predelno dopustimyh koncentracij vrednykh veshchestv v vodah vodnykh obektov rybohozyajstvennogo znacheniya. Utverzhdeny 13.12.2016 Ministerstvom selskogo hozyajstva RF.
16. **Gigienicheskie normativy** GN 2.1.7.2041—06 Predelno dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v pochve s izmeneniyami, vnesennymi postanovleniem glavno-go gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 26 iyunya 2017 goda. No. 89.



12-я Каспийская Международная Выставка

**"Охрана, Безопасность
и Средства Спасения"**

22—25 октября 2019. Баку

Экспо Центр Кавказского региона
в индустрии охраны, безопасности и средств спасения

Разделы выставки:

Технические средства обеспечения безопасности
Охранное телевидение и наблюдение
Пожарная безопасность. Аварийно-спасательная техника. Охрана труда
Защита информации. Смарт карты. ID-Технологии. Банковское оборудование

Подробнее: <https://www.cips.iteca.az/>

УДК 631.42

Н. А. Шевкопляс-Гурьева, студентка, **Г. А. Сивкова**, канд. хим. наук, доц. кафедры, e-mail: Sivkova_Galina@mail.ru, Бирский филиал Башкирского государственного университета

Определение содержания органического вещества (гумуса) и обменной кислотности почвы

Исследование экологического состояния почв, имеющих сельскохозяйственное и аграрное назначение, в том числе определение содержания органического вещества и кислотности почвы, должно проводиться регулярно и является актуальной задачей. Органическое вещество — основная составляющая почвы. Оно выступает в роли совокупности сложных растительных и животных остатков, находящихся на различных стадиях разложения, и специфических почвенных органических веществ, называемых гумусом.

Ключевые слова: почва, органическое вещество почвы, гумус, метод Тюрина, экологическое состояние почвы

Почва — особое природное образование, которое сформировалось в результате взаимодействия верхних слоев литосферы с атмосферой, гидросферой, мертвыми и живыми организмами. Постоянно обмениваясь с ними веществами и энергией, почва поддерживает особый баланс на планете, который образовывался миллионами лет. Почва играет особую роль в жизни человека, так как обеспечивает его большим разнообразием культурных растений — основным энергетическим продуктом. Органическое вещество почвы ускоряет разложение пестицидов и других загрязняющих веществ в результате сорбции. Почва постоянно поддерживает газовый состав планеты, а также участвует в круговороте воды. Экологический мониторинг почв на сегодняшний день одна из важных задач экологической химии.

Актуальность работы выражается в том, что человек должен следить за экологическими параметрами почвы, так как ее загрязнение может привести к ухудшению здоровья населения.

Органическое вещество почвы — все органические вещества, содержащиеся в почвенном профиле, а также их соединения. Исключения составляют только вещества, входящие в состав живых организмов, обитающих в почве. Органическое вещество делится на две большие группы: гумус — основной источник питания растений и органические остатки — целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, дубильные вещества и зольные элементы.

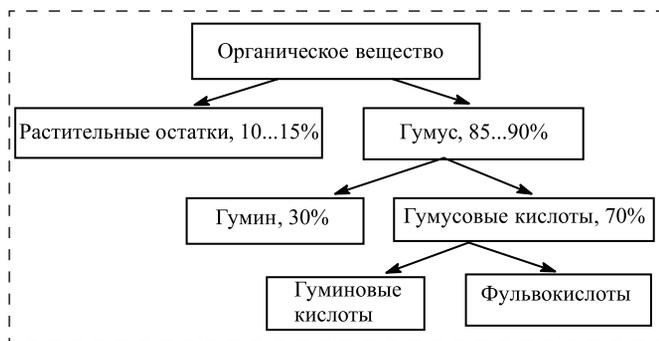
Сохранение почвы и ее качественный анализ, в том числе и контроль органического вещества (гумуса), является важной задачей. Все растения

берут питательные вещества из почвы, а люди употребляют их в пищу, поэтому загрязнение почвы оказывает сильное влияние на здоровье населения. Содержание в ней органического вещества, в частности гумуса, сказывается на физико-химических параметрах почвы и ее плодородии. Органическое вещество (гумус) выполняет ряд функций: физическую, биологическую и химическую.

Физическая функция обуславливает водопрочность почвенной структуры — численность прочных комочков и агрегатов, способных сопротивляться действию на них жидкости. Биологическая функция заключается в том, что в почве обитает огромное количество разнообразных микроорганизмов, а они нуждаются в особых условиях для их развития и деятельности. Химическую функцию гумус выполняет, выступая в некотором роде хранилищем для элементов. Растения получают необходимые им питательные вещества в органоминеральном виде, т. е. нужные элементы, связанные и находящиеся в обменном состоянии с гуминовыми кислотами. Органическое вещество почвы, аккумулируя огромное количество углерода, способствует большей устойчивости круговорота углерода в природе. В этом, а также в накоплении еще ряда элементов в земной коре состоит важная биогеохимическая функция органического вещества в земной коре.

Химический состав гумуса очень сложен (см. рисунок). Большая часть его — это гуминовые кислоты, состоящие из углерода (39...62 %), кислорода (30...39 %), азота (3...5 %).

Существует несколько способов определения органического вещества в почве. Эти способы



Составные части органического вещества в почве

делятся на прямые и косвенные. В данном исследовании измерения проводились косвенным методом, а именно путем определения количества окислителя, пошедшего на перевод углерода органических соединений в CO_2 .

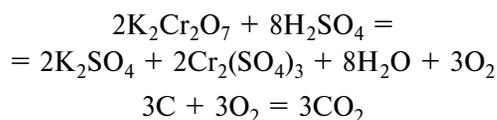
При отборе почв для исследования следует принимать во внимание строение почвенного профиля, разные уровни почвенного покрова, топографию почвы, климатические условия. Самым удобным способом для отбора проб почв считается метод "конверта" [1]. Объектом исследования послужили образцы почвы села Кусекево Бирского района Республики Башкортостан:

- проба № 1 — почва с посевного участка частного дома;
- проба № 2 — почва из парника того же участка;
- проба № 3 — почва с луга прилегающей территории села с южной стороны.

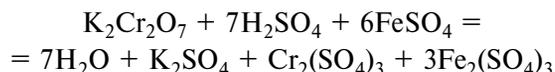
Согласно методике [1] были отобраны аналитические пробы почв и проведены химические исследования по определению органического вещества в почве по методу И. В. Тюрина [2].

Метод И. В. Тюрина основан на окислении органического вещества почвы хромовой кислотой до образования углекислоты. Количество кислорода, израсходованное на окисление органического углерода, определяют по разности между количеством хромовой кислоты, взятой для окисления, и количеством ее, оставшимся не израсходованным после окисления. В качестве окислителя применяют 0,4 нормальный раствор дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в серной кислоте, предварительно разбавленной водой в соотношении 1:1.

Реакция окисления протекает по следующим уравнениям:



Остаток хромовой кислоты, не израсходованной на окисление, оттитровывают 0,1-нормальным раствором соли Мора с индикатором дифениламинол или фенолантрахиноновой кислотой. Титрование солью Мора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ идет по следующему уравнению:



Метод И. В. Тюрина очень прост, не требует специальной аппаратуры и сложных реактивов, им можно пользоваться даже в полевых условиях. Однако он применим не для всех почв.

Количество углерода определяли в процентах на воздушно-сухую или на абсолютно сухую почву (при наличии данных по гигроскопической влажности) по следующей формуле:

$$C = \frac{(a - b) N \cdot 0,003 \cdot 100}{p},$$

где a — количество соли Мора, мл, пошедшее на титрование холостого опыта; b — количество соли Мора, мл, пошедшее на титрование хромовой смеси анализируемого образца; N — нормальность соли Мора, н; p — сухая навеска, г; 0,003 — грамм-овое значение мг-экв углерода; 100 — пересчет в %.

Анализы почвы проводили в лаборатории аналитической химии Бирского филиала Башкирского государственного университета. Результаты анализа определения количества органического вещества в почве приведены в табл. 1. Согласно принятой классификации [3] почва пробы № 1 (пахотная земля) является слабогумусной, почва образцов № 2 и № 3 — среднегумусной.

Пробы почвы тех же участков были проанализированы на обменную кислотность. Обменная кислотность — количество ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном состоянии, которые извлекаются из почвы раствором нейтральной соли. Результаты эксперимента

Таблица 1

Содержание органического вещества в пробах почвы

№ пробы почвы	Сухая навеска почвы p , г	Нормальность соли Мора N , н	Количество соли Мора, пошедшее на анализируемую пробу a , мл	C , %
1	0,2	0,2	5,16	1,88
2	0,05		6,46	5,98
3	0,1		3,06	5,03

Таблица 2

Данные для определения обменной кислотности почв

№ пробы почвы	Количество раствора NaOH, использованного на титрование V , мл	Нормальность раствора NaOH n , моль-экв/л	Навеска почвы m , г	Обменная кислотность $H_{об}$, мг-экв/100 г
1	15,43	0,1	40	3,858
2	13,53			3,383
3	14,7			3,675

позволяют узнать кислотность исследуемой почвы, тем самым установив ее показатель pH [4].

С помощью титриметрического метода анализа были проведены исследования на обменную кислотность почвы, рассчитанную по следующей формуле:

$$H_{об} = (Vn \cdot 100) / m,$$

где $H_{об}$ — обменная кислотность, мг-экв/100 г; V — количество раствора NaOH, мл, использованного на титрование; n — нормальность раствора NaOH, моль-экв/л; m — навеска почвы, г; 100 — коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Результаты определения обменной кислотности исследуемых проб почвы приведены в табл. 2.

Из полученных данных следует, что образцы почв являются сильнокислыми, и поэтому нуждаются в нейтрализации. Оптимальным методом нейтрализации почвы является внесение извести в расчете 600 г/м² [5].

Таким образом, в результате проведенных химических исследований можно заключить, что в почву пробы № 1 следует внести органические удобрения и провести ее нейтрализацию — известкование, так как кислотность почвы достаточно высокая. И тем самым увеличить ее плодородие. Кроме того, по агротехническим условиям для поддержания плодородия посевных участков следует ежегодно вести севооборот — чередовать на одном посевном участке разные культуры.

Список литературы

1. **Методы** контроля качества почвы: Учебно-методическое пособие / Д. Л. Котова и др. — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2007. — 106 с.
2. **Мартьянова Н. А.** Химия почв: органическое вещество почв: Учебно-методическое пособие. — Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. — 255 с.
3. **Кауричев И. С., Панов Н. П., Розов Н. Н.** Почвоведение. — М.: Агропромиздат, 1989. — 722 с.
4. **Агрохимический анализ** почвы / С. Х. Хуаз и др. — Санкт-Петербург, 2012. — 33 с.
5. **Бабина Н. В.** 400 практических советов по восстановлению плодородия почвы. — М.: Континент-Пресс, 1997. — 320 с.

N. A. Shevkoplyas-Gurieva, Student, **G. A. Sivkova**, Associate Professor,
e-mail: Sivkova_Galina@mail.ru, BirsK Branch of Bashkir State University

Determination of Content of Organic Substance (Humus) and Exchange Acidity of the Soil

The study of the ecological state of soils that have agricultural and agrarian purposes, including the determination of the content of organic substance and the acidity of soil, must be carried out regularly being an urgent task. Organic substance is the main constituent of all soil. It acts as a combination of complex plant and animal residues at different stages of decomposition and specific soil organic substances called humus.

Soil plays a special role in human life as it provides a large variety of cultivated plants — the main energy product. Organic substance of soil accelerates the decomposition of pesticides and other pollutants as a result of sorption. Soil constantly maintains the gas composition of the planet and also participates in the water cycle. Environmental monitoring of soils today is one of the important tasks of ecological chemistry. The content of organic substance (humus) and exchange acidity in three soil samples of the BirsK district of the Republic of Bashkortostan was determined. The object of the study was the samples of the soil of the village Kusekeevoo of the BirsK district of the Republic of Bashkortostan:

- sample No. 1 — the soil from the planting site of a private house;
- sample No. 2 — the soil from the greenhouse of the same site;
- sample No. 3 — the soil from the grassland of the adjacent territory of the village Kusekeevoo from the south side.

Sampling of soils was carried out according to the procedure, chemical testing was carried out to determine the organic substance in the soil by the method of I. V. Tyurin. Based on the accepted classification the results of the chemical analysis showed that for the organic substance content the soil of the sample No. 1 (arable land) is low humus soil, the soil of samples No. 2 and No. 3 is medium humus soil. By the method of titrimetric analysis, the soil of these very sites was analyzed for exchange acidity and thus its pH value was established. The analysis showed that the soil samples are strongly acidic, and therefore they need to be neutralized, the optimal method is the application of lime in the amount of 600 g/m².

Thus, as a result of the conducted chemical studies it can be concluded that organic fertilizers should be applied to the soil of sample No. 1 and that soil requires neutralization — liming, as the acidity of the soil is sufficiently high. And thereby the fertility of the soil would be increased. Moreover, according to the agro technical conditions, in order to maintain the fertility of sowing areas, a crop rotation should be carried out on an annual basis — alternating different crops in the same sowing area.

Keywords: soil, organic substance of soil, humus, Tyurin method, ecological state of soil

References

1. **Methods** of Soil Quality Control: Educational manual. Kotova D. L. et al. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj Universitet, 2007. 106 p.
2. **Martynova N. A.** Chemistry of Soils: Organic Substance of Soils: Educational manual. Irkutsk: Publishing house of ISU, 2011. 255 p.
3. **Kaurichev I. S., Panov N. P., Rozov N. N.** Agrology. Moscow: Agropromizdat, 1989. 722 p.
4. **Agrochemical** Analysis of Soil. S. Kh. Houaz et al. Saint-Petersburg, 2012. 33 p.
5. **Babina N. V.** 400 Pieces of Practical Advice for Restoring the Fertility of Soil. Moscow: Continent-Press, 1997. 320 p.

XXIII Международная выставка средств обеспечения безопасности государства "INTERPOLITEX—2019".

22—25 октября 2019. ВДНХ. Павильон 75

Экспозиция Международной выставки средств обеспечения безопасности государства "ИНТЕРПОЛИТЕХ" представляет собой выверенное сочетание взаимосвязанных выставок и специализированных тематических экспозиций, взаимодополняющих друг друга:



ВЫСТАВКА ПОЛИЦЕЙСКОЙ ТЕХНИКИ



ВЫСТАВКА "РОСГВАРДИЯ"



ВЫСТАВКА "ГРАНИЦА"



ФОРУМ НЕГОСУДАРСТВЕННОЙ СФЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ "БЕЗОПАСНАЯ СТОЛИЦА"

Разделы форума:

- Охранное телевидение и наблюдение
- Механические системы обеспечения безопасности
- Пожарная безопасность
- Средства спасения
- Защита информации (система защиты данных)
- Индивидуальные приборы электронных систем безопасности
- Спецтранспорт и оборудование для него
- Борьба с терроризмом и предупреждение катастроф/измерительное оборудование и др.

Подробности: <http://www.interpolitex.ru/>

УДК 613.84

В. А. Кривобокова, канд. биол. наук, доц. кафедры, e-mail: krivoborova10@rambler.ru, Курганский государственный университет

Анализ функционального состояния дыхательной системы курящих и некурящих студентов

Табакокурение широко распространено в среде молодежи, поэтому в статье обсуждаются результаты исследования в студенческой среде. На основе использованных методик и разработанной анкеты проанализированы индивидуальные различия в функциональном состоянии дыхательной системы курящих и некурящих студентов. Определен риск развития хронической обструктивной болезни легких. Сделан вывод о влиянии табакокурения на функциональное состояние дыхательной системы обследуемых студентов.

Ключевые слова: табакокурение, студенты, время задержки дыхания на вдохе и на выдохе, индекс курения

Курение — одна из пагубных привычек, являющаяся социальной проблемой общества как для его курящей, так и для некурящей части. Если для первой части проблемой является бросить курить, то для второй — избежать влияния курящего общества и не "заразиться" их привычкой, а также — уберечь свое здоровье от продуктов курения. Ни для кого не секрет, что курение опасно для здоровья. По данным ВОЗ во всем мире ежедневно выкуривается около 15 млрд сигарет [1].

Особенно табакокурение распространено в среде молодежи. Следует подчеркнуть, что оценка уровня от табачной зависимости в данной социальной группе является одним из важнейших аспектов борьбы за здоровье нации. Учитывая, что люди данной возрастной категории не придают значения вредному влиянию табачного дыма на собственное здоровье, в рассматриваемом исследовании принимали участие студенты.

Целью исследования явилось провести анализ влияния табакокурения на функциональное состояние дыхательной системы обследуемых студентов. Исходя из данной цели были поставлены следующие задачи.

1. Сформировать группы курящих и некурящих студентов по гендерному признаку.
2. Провести сравнительный анализ данных 2015 и 2018 гг. по выявлению процента курящих и некурящих студентов.
3. Разработать анкету для определения функционального состояния дыхательной системы курящих и некурящих студентов.

4. Оценить функциональное состояние дыхательной системы обследуемых.

5. Разработать таблицу, позволяющую наглядно показать, что курение — не безобидное занятие и влияет на функциональное состояние дыхательной системы.

В соответствии с поставленной целью и задачами в исследовании приняли участие 150 студентов Курганского государственного университета в возрасте от 18 до 22 лет, занимавшихся физической культурой в объеме вузовской программы.

Обучение в вузе проводится согласно Федеральному государственному образовательному стандарту третьего поколения. Одной из компетенций, формируемой у студентов при изучении дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", является общекультурная компетенция (ОК) "Способность организовывать свою жизнь в соответствии с социально значимыми представлениями о здоровом образе жизни". Сформировать данную компетенцию у студентов можно на примере изучения влияния табакокурения на здоровье.

Учитывая, что многие студенты не задумываются о воздействии табакокурения на их организм и возможных последствиях, так как у них срабатывает своеобразная защита, когда курильщик предпочитает думать, что его собственное здоровье пострадать не может, даже зная очевидный и доказанный вред табакокурения. Для того чтобы обратить внимание обучающихся на их собственное здоровье, им было предложено на практическом занятии дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" провести сравнительный анализ показателей частоты сердечных сокращений, времени



задержки дыхания, и на основании полученных данных оценить функциональное состояние дыхательной системы курящих и некурящих студентов.

Выбор оценки функционального состояния дыхательной системы не случаен. Это связано с тем, что табачные яды в первую очередь влияют на органы дыхания. Учитывая, что дыхательная система взаимосвязана с сердечно-сосудистой, которая обеспечивает циркуляцию крови в организме, необходимую для выполнения кровью транспортных функций, оценивался еще и показатель частоты сердечных сокращений.

Для достижения поставленной цели была разработана анкета, направленная на выявление функционального состояния кардио-респираторной системы курящих и некурящих студентов, которая включала следующие вопросы:

1. Ваш пол?
2. Ваш возраст?
3. Вы курите?
4. Если курите, тогда какой стаж курения (лет)?
5. Пульс в положении стоя за одну минуту.
6. Время задержки дыхания на полном вдохе (по пробе Штанге).
7. Время задержки дыхания на полном выдохе (по пробе Генчи).
8. Индекс курения (ИК) — число сигарет, выкуриваемых в день, умноженное на число месяцев в год, которые Вы курили.

Изначально все студенты были разделены на две группы — курящие и некурящие. Среди них процент курящих и некурящих студентов составлял 40 % и 60 %, соответственно. Следует уточнить, что среди курящих студентов распределение по полу в 2018 г. было следующим — 24 % приходилось на юношей и 16 % — на девушек, а в группе некурящих данное отношение составляло 22 % и 38 %, соответственно (см. рисунок, б). Из представленных данных видно, что курительное поведение явно имеет гендерные особенности. Следует отметить, что в 2015 г. проводилось то же анонимное анкетирование по выявлению курящих и некурящих студентов в вузе. Результат опроса показал 46 % и 54 %, соответственно (см. рисунок, а) [2].

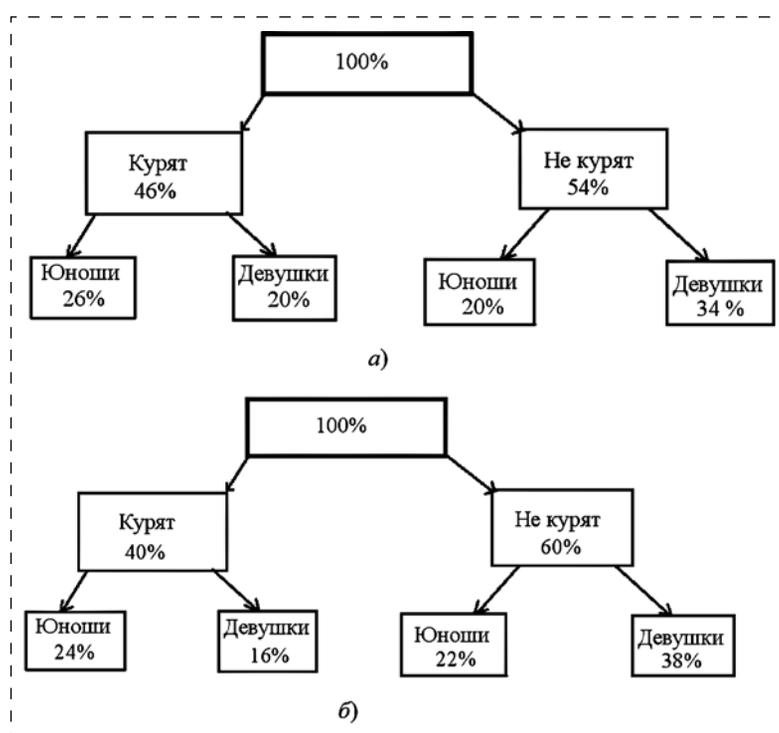
Положительным моментом является то, что при проведении сравнительного анализа данных 2015 и 2018 гг. процент курящих студентов за данное время снизился с 46 до 40 %. Вероятно, это связано с тем, что проводилось много различных мероприятий, направленных на

популяризацию физической культуры и спорта среди населения и ведение здорового образа жизни.

Сначала студентам предлагалось посчитать пульс за одну минуту в положении стоя, после этого они оценивали функциональное состояние дыхательной системы с помощью проб Штанге и Генчи. Следует подчеркнуть, что эти пробы с задержкой дыхания просты в выполнении и не требуют специального оборудования, поэтому их можно выполнять как на практических занятиях, так и дома для самоконтроля за дыхательной системой. На основании полученных с помощью этих проб данных можно судить о кислородном обеспечении организма.

Выполнение пробы Штанге позволяет оценить время задержки дыхания на полном вдохе. В положении сидя студенты задерживали дыхание на полном вдохе и по секундомеру определяли продолжительность данного показателя. Полученные результаты записывали в тетрадь и сравнивали со значениями нормы. Если длительность задержки дыхания составляла менее 39 с, то результат считался неудовлетворительным. Значения в пределах 40..49 с свидетельствовали об удовлетворительном показателе, а время задержки дыхания на полном вдохе свыше 50 с — хороший результат.

Проба Генчи выполняется так же как и предыдущая проба, только дыхание задерживается



Распределение курящих и некурящих студентов по гендерному признаку: а — данные 2015 г.; б — данные 2018 г.

Средние показатели результатов исследования у курящих и некурящих студентов ($M \pm m$)

Показатели	Курящие студенты		Некурящие студенты	
	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки
Стаж курения, лет	3,23 ± 0,64	3,79 ± 0,16	—	—
Индекс курения	131,25 ± 12,17	102,50 ± 7,37	—	—
Время задержки дыхания на полном вдохе, с (проба Штанге)	71,25 ± 4,15	45,23 ± 1,72	92,73 ± 5,18	52,71 ± 2,55
Время задержки дыхания на полном выдохе, с (проба Генчи)	43,43 ± 2,76	30,65 ± 1,61	50,34 ± 3,16	36,74 ± 2,32
Пульс в положении стоя, уд./мин	69,13 ± 3,29	72,21 ± 4,14	64,28 ± 1,81	67,32 ± 2,25

на полном выдохе. Если длительность задержки дыхания на полном выдохе составляет менее 34 с, то результат считался неудовлетворительным. Результат в пределах 35...39 с говорит об удовлетворительном показателе, а время свыше 40 с — это хороший результат [3].

После выполнения проб Штанге и Генчи предлагалось курящим студентам посчитать индекс курения (ИК — число сигарет, выкуриваемых в день, умноженное на число месяцев в год, которые человек курил). Этот показатель является основным, используемым для расчета частоты табакокурения. Необходимо подчеркнуть, что имеются данные, в том числе отечественной медицины, позволяющие использовать данный показатель для оценки вероятности развития хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). Полученные результаты сравнивали с показателями:

ИК > 120 — курение приводит к хроническому обструктивному бронхиту;

ИК > 160 — курение представляет риск заболеть ХОБЛ;

ИК > 240 — курение неизбежно ведет к развитию ХОБЛ [4].

После того как студенты выполняли все задания, они анонимно записывали результаты в анкету и сдавали преподавателю. На основании анкетных данных преподаватель рассчитывал средние значения и заполнял сводную таблицу. В итоге студенты могли видеть полученные результаты (см. таблицу).

Из таблицы видно, что у курящих студентов — юношей и девушек время задержки дыхания на полном вдохе в среднем составляло 71,25 ± 4,15 с и 45,23 ± 1,72 с соответственно, у некурящих студентов — юношей и девушек значения были существенно выше — 92,73 ± 5,18 с и 52,71 ± 2,55 с, соответственно.

Время задержки дыхания на полном выдохе (проба Генчи) у курящих юношей и девушек составило в среднем 43,43 ± 2,76 с и 30,65 ± 1,61 с. В то время как у не курящих — 50,34 ± 3,16 с и 36,74 ± 2,32 с

соответственно. Приведенные данные согласуются с результатами других авторов [5].

На основании полученных данных можно утверждать, что показатель частоты табакокурения у юношей и девушек различался. Индекс курения был значительно выше у юношей (131,25 ± 12,17), т. е. более 120. Таким образом, в данной группе курение может привести к хроническому обструктивному бронхиту. Отмечено, что у девушек индекс курения составлял менее 120. Следовательно, в группе курящих девушек исследуемая вредная привычка пока еще не представляет опасность в развитии хронического обструктивного бронхита.

В ходе исследования выявлено, что даже относительно небольшой стаж курения приводит к функциональным нарушениям сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Значения частоты сердечных сокращений в покое как у курящих, так и у некурящих студентов находились в пределах физиологической нормы (60...80 уд./мин), но у курящих студентов показатели частоты сердечных сокращений были несколько выше. Связано это с тем, что курение способствует увеличению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, что и выражается в больших значениях ЧСС в покое. Кроме того, у курящих студентов отмечено уменьшение времени задержки дыхания на вдохе и на выдохе — это свидетельствует о снижении компенсаторных возможностей кардиореспираторной системы.

В результате проделанной работы на практическом занятии студенты могли не только оценить функциональные возможности своего организма, но и увидеть различия в функционировании сердечно-сосудистой и дыхательной систем курящих и некурящих студентов. Данное исследование наглядно показывает, что курение — не безобидное занятие. Некоторые курящие студенты, увидев полученные результаты, задумались о том, что им нужно бросить курить.

Таким образом, на основе проведенного исследования можно констатировать, что удалось



не только привлечь внимание студентов к проблеме табакокурения, но и методически осуществить формирование общекультурной компетенции в учебном процессе. Полученные данные могут представлять интерес для всех участников образовательного процесса и быть использованы при проведении лекционных и практических занятий в курсе "Безопасность жизнедеятельности" при изучении темы: "Социальные опасности и защита от них".

Список литературы

1. **Распространенность** табакокурения среди студентов высших учебных заведений г. Красноярск / Данило-

- ва Л. К., Демко И. В., Петрова М. М., Каскаева Д. С., Черныяева М. С., Солдатова А. В. // Сибирское медицинское обозрение. — 2014. — № 6. — С. 64—67.
2. **Кривобокова В. А., Тебенкова Е. А.** Табакокурение в студенческой среде: исследование и профилактика в курсе "Безопасность жизнедеятельности" // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 4 (172). — С. 48—51.
3. **Пробы** Штанге и Генчи. URL: <http://frs24.ru/st/probashtange-i-genchi/> (дата обращения 15.06.2018).
4. **Индекс** курящего человека. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/491220> (дата обращения 15.06.2018).
5. **Филиппова Е. Б.** О влиянии курения на реакции дыхательной и сердечно-сосудистой системы // Медико-физиологические проблемы экологии человека: Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием (26—30 сентября 2011 г.). — Ульяновск: УлГУ, 2011. — С. 277—278.

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

Analysis of the Functional State of the Respiratory System of Smoking and Non-Smoking Students

Tobacco smoking is especially common among young people, so the article discusses the results of the study among students. On the basis of the use of methods and the developed questionnaire, individual differences in the functional state of the respiratory system of Smoking and non-Smoking students are analyzed. The risk of chronic obstructive pulmonary disease is determined. The conclusion about the influence of tobacco Smoking on the functional state of the respiratory system of the examined students is made. The data obtained may be of interest to all participants of the educational process.

Keywords: smoking, students, breath-holding time on inhalation and exhalation, heart rate, smoking index.

References

1. **Rasprostranennost** tabakokureniya sredi studentov visshih uchebnykh zavedenii goroda Krasnoyarska / Danilova L. K., Demko I. V., Petrova M. M., Kaskaeva D. S., Chernyaeva M. S., Soldatova A. V. *Sibirskoe medicinskoie obozrenie*. 2014. No. 6. P. 64—67.
2. **Krivobokova V. A., Tebenkova E. A.** Tabakokurenje v studencheskoj srede — issledovanie i profilaktika v kurse "Bezopasnost jiznedeyatelnosti". *Bezopasnost jiznedeyatelnosti*. 2015. No. 4 (172). P. 48—51.

3. **Probi** Shtange i Genchi. URL: http://frs24.ru/st/proba_shtange_i_genchi (date of access 15.06.2018).
4. **Indeks** kuryaschego cheloveka URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/491220> (date of access 15.06.2018).
5. **Filippova E. B.** O vliyanii kurenija na reakcii dihatelnoi i serdechno-sosudistoi sistemi. *Mediko-fiziologicheskie problemi ekologii cheloveka — Materiali IV Vserossiiskoi konferencii s mejdunarodnim uchastiem* (26—30 sentyabrya 2011 g.). Ulyanovsk: UIGU, 2011. P. 277—278.

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 05.03.19. Подписано в печать 18.04.19. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG519.

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