

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



**8(248) 2021**

К статье Е. В. Яковлевой, М. О. Быкова, А. С. Фролова  
«ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ЗОН  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

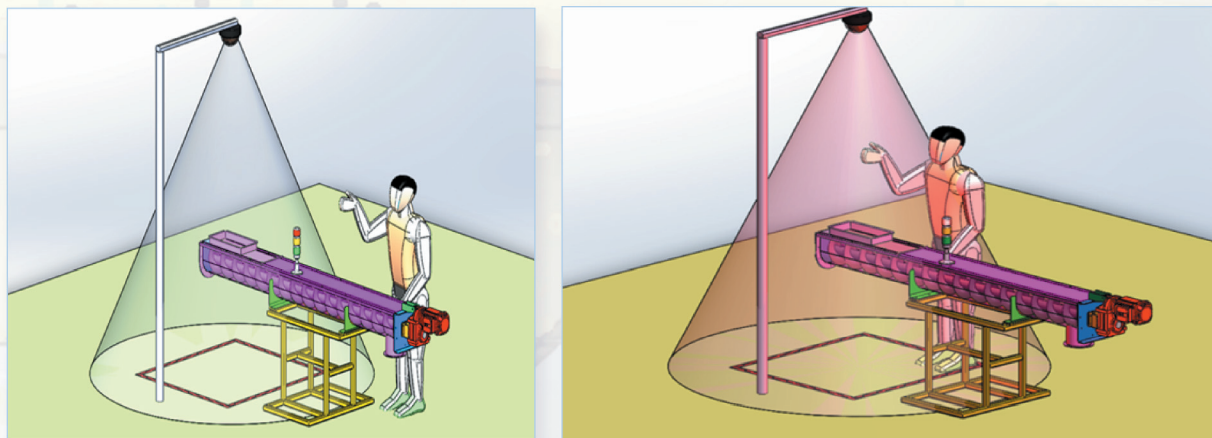


Рис. 4. Срабатывание тревожной сигнализации в опасной зоне

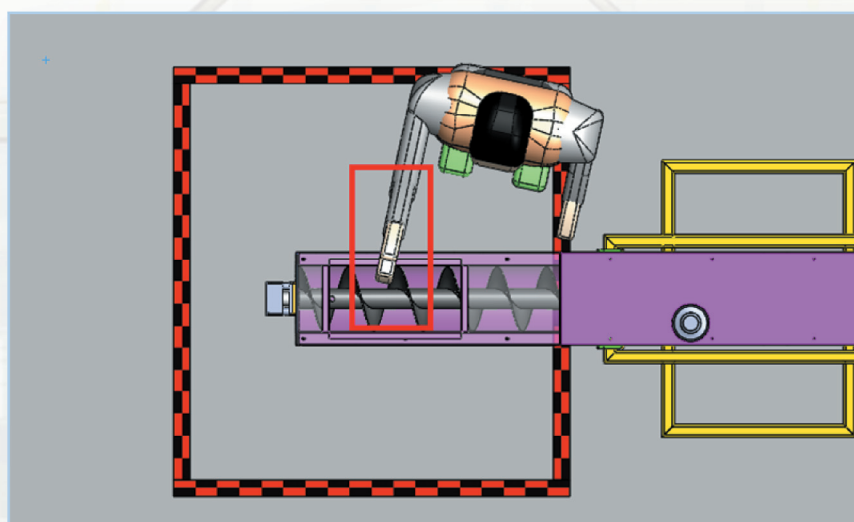


Рис. 5. Распознавание руки человека в опасной зоне

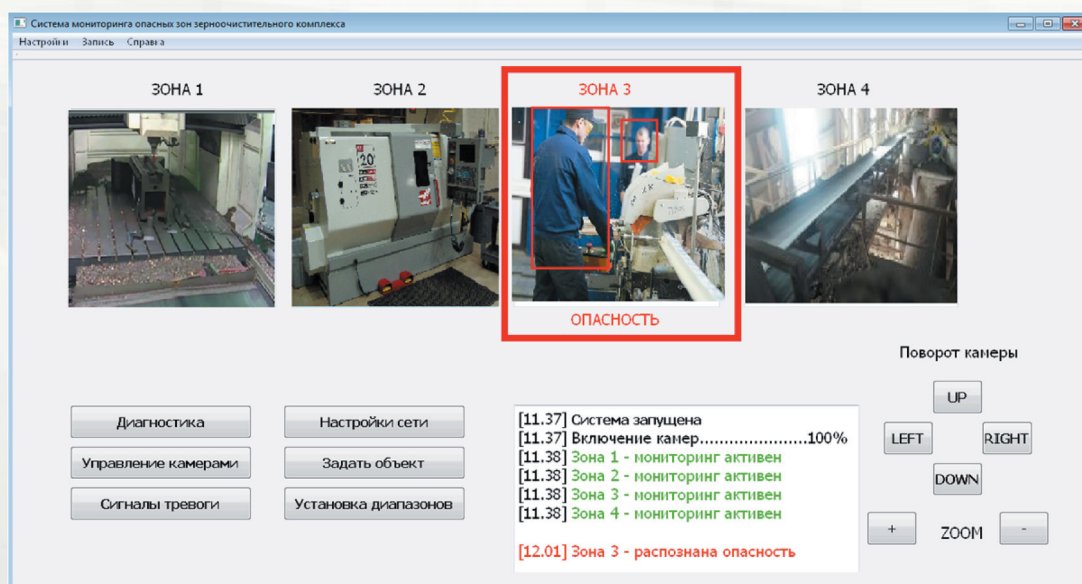


Рис. 7. Интерфейс программы пользователя



# 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.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
д.т.н., к.б.н., проф. (председатель)  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
проф.  
ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.  
ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.  
РОДИН В. Е., д.т.н., проф.  
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
УШАКОВ И. Б., акад. РАН,  
д.м.н., проф.  
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,  
д.т.н., проф.  
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,  
д.м.н., проф.  
АНТОНОВ Б. И.  
(директор издательства)

**Главный редактор**

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

**Зам. главного редактора**

ПОЧТАРЕВА А. В.

**Редакционная коллегия:**

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.  
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.  
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.  
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.

**8(248)  
2021****СОДЕРЖАНИЕ****ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ**

- Яковлева Е. В., Быков М. О., Фролов А. С.** Цифровая трансформация мониторинга опасных зон в сельском хозяйстве ..... 3  
**Дорохова Н. Д., Кобцева Л. В.** Новые подходы к проведению инструктажа по охране труда на предприятиях ..... 9  
**Мурзинов В. Л., Мурзинов П. В., Мурзинов Ю. В.** Защита от шума на путях его распространения с использованием вакуумной прослойки ..... 13  
**Кузьмин С. А., Григорьева Л. К.** Наркомания как медико-социальная проблема безопасности жизнедеятельности ..... 16

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

- Ксенофонов Б. С.** Физико-химические способы очистки шахтных и поверхностных вод ..... 21  
**Гладких С. Н.** Регенерация растворов и электролитов — кардинальный путь к решению экологических проблем ..... 25

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

- Королёв В. П.** Квалиметрические методы управления рисками технологической безопасности конструкций и сооружений промышленных объектов .... 29  
**Щербаков Г. Н., Анцелевич М. А., Рычков А. В., Сахнов Е. Н., Фещенко Я. В., Богати С. Р., Тетеркин А. В.** Актуальность применения подводных маркеров на основе нелинейных эффектов ..... 41

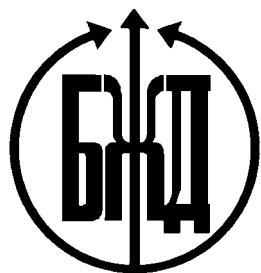
**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

- Чалдаева Е. И.** Показатели оценки пожарного риска влияния нефтепродуктов на процесс самовозгорания лесов Томской области ..... 45

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

- Суспицына Ю. В.** Тенденция изменения количества осадков за месяц в летний период по годам в районе города Нальчик ..... 51

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' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since  
January 2001

### Editorial board

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

### Editor-in-chief

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

### Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

### Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)  
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.)  
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)  
MARTYNYUK V. Ph.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)  
MIRMOVICH E. G.,  
Cand. Sci. (Phys.-Math.)  
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
SHVARTSBURG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

8(248)  
2021

## CONTENTS

### LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Yakovleva E. V., Bykov M. O., Frolov A. S.** Digital Transformation of Hazardous Area Monitoring in Agriculture ..... 3  
**Dorokhova N. D., Kobtseva L. V.** New Approaches to Providing Induction on Labor Protection at Enterprises ..... 9  
**Murzinov V. L., Murzinov P. V., Murzinov Yu. V.** Protection against Noise on the Paths of its Propagation using a Vacuum Layer ..... 13  
**Kuzmin S. A., Grigorieva L. K.** Drug Addiction as a Medical and Social Problem of Life Safety ..... 16

### ECOLOGICAL SAFETY

- Ksenofontov B. S.** Physicochemical Methods of Mine and Surface Water Treatment ..... 21  
**Gladkikh S. N.** Regeneration of Solutions and Electrolytes — Cardinal Way to Solve Environmental Problems ..... 25

### INDUSTRIAL SAFETY

- Korolov V. P.** Qualimetric Methods of Risk Management of Process Safety of Structures and Installations of Industrial Facilities ..... 29  
**Scherbakov G. N., Antsiselevich M. A., Rychkov A. V., Sakhnov E. N., Feschenko Ya. V., Bogati S. R., Teterkin A. V.** Relevance of the Use of Underwater Markers based on Nonlinear Effects ..... 41

### FIRE SAFETY

- Chaldaeva E. I.** Indicators for assessing the Fire Risk of the Impact of Petroleum Products on the Process of Spontaneous Combustion of Forests in the Tomsk Region ..... 45

### REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Suspitsyna Yu. V.** The Trend of Changes in the amount of Precipitation per Month in the Summer Period by Year in the Area of Nalchik ..... 51

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

УДК 658.382.3

**Е. В. Яковлева**, канд. с.-х. наук, доц. кафедры, e-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru, **М. О. Быков**, асп., **А. С. Фролов**, асп., Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина

## Цифровая трансформация мониторинга опасных зон в сельском хозяйстве

*Приведен обзор источников, выявлен подход к оснащению агропромышленного комплекса ИТ-продуктами в сферах распознавания объектов, классификации и выборки объектов, а также автоматизации работы, связанной с алгоритмами машинного обучения. Показано, что внедрение интеллектуальных систем мониторинга поможет практически в полной мере автоматизировать процесс контроля соблюдения требований охраны труда в определенных зонах. Наличие сигнализирующих систем либо систем с механизмами защиты позволит исключить человеческий фактор и снизить риски и количество несчастных случаев путем более тщательного контроля за процессом работы.*

**Ключевые слова:** охрана труда, машинное обучение, распознавание объектов, нейросеть, безопасность, биометрия и опасные зоны, управление

Обеспечение безопасности человека в трудовом процессе всегда было актуальной проблемой и является особенно значимой в условиях реформирования и модернизации современной экономики.

Не лучшим образом обстоят дела и с состоянием производственного травматизма и профессиональной заболеваемости работников. По последним данным, сельское хозяйство продолжает оставаться среди самых "рискованных" для здоровья и жизни работников отраслей.

Основным показателем соблюдения требований охраны труда можно считать статистику травматизма. По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, каждый год в агропромышленном производстве гибнет не менее 1000 человек. Десятки тысяч работников трудоспособного возраста заканчивают свою рабочую деятельность в связи с профессиональными заболеваниями и травматизмом в возрасте от 30 до 50 лет [1]. Следует отметить, что этот возраст — наиболее оптимальный для трудоспособности работников агропромышленной отрасли.

Труд в агропромышленном комплексе (АПК) подразумевает работу с сельскохозяйственной техникой, специальными агрегатами и приспособлениями. Уровень травматизма и профессиональных заболеваний у работников АПК остается высоким и требует серьезных мер по его снижению.

Работа сельскохозяйственных машин и оборудования обеспечивается системой технического обслуживания (ТО) и ремонта [2, 3]. Частое пренебрежение периодическим ТО, сокращение финансирования на покупку новых запасных частей и агрегатов, а также пренебрежение планово-предупредительным ремонтом ведет к эксплуатации сельскохозяйственной техники в аварийном состоянии, что повышает травмоопасность производства и увеличивает число несчастных случаев.

Современные решения в области цифровизации и автоматизации для сельскохозяйственных предприятий и малых форм хозяйствования должны опираться на модульный принцип построения. Это даст возможность хозяйствующим субъектам в последующем при масштабировании апробированных цифровых технологий реализовать оптимальный вариант цифровой трансформации производства с учетом уровня развития материально-технических и трудовых ресурсов [4].

Внедрение интеллектуальных систем в технологические процессы АПК дает существенный прирост производственных показателей. Автоматизация теплиц, датчики для определения свойств почвы, системы видеоконтроля за полями — обыденность для активно развивающихся аграрных стран. По данным Минсельхоза России, интеграция в таких секторах, как растениеводство,

практически не используется. Внедрение же современных систем безопасности еще менее развито.

Данные статистики свидетельствуют о необходимости снижения числа несчастных случаев. Снижение показателей травматизма осуществляется в частности с помощью методов контроля за соблюдением требований охраны труда во время работы. Современные технологии позволяют разрабатывать и внедрять автоматизированные системы контроля и мониторинга производства с помощью всевозможных датчиков, камер и сенсоров. Использование автоматических остановочных устройств и сигнализаций позволяет, исключив человеческий фактор, существенно повысить качество мониторинга процесса производства [5].

Система мониторинга опасных зон в АПК представляет собой синхронизированную сеть, состоящую из систем видеофиксации (здесь также можно применять при необходимости специализированные датчики и сенсоры), блока управления и органов оповещения. Система может встраиваться в штатную систему видеонаблюдения, установленную на предприятии, а также может быть установлена в помещении без специальных требований к системе электропитания. Для функционирования и обмена устройств видеофиксации достаточно штатной точки доступа WIFI [3].

Устройства видеофиксации располагаются в направлении опасных зон по их периметру так, чтобы радиус опасной зоны вокруг агрегата полностью находился в поле зрения камер (рис. 1) [6, 7].

Для успешного распознавания заранее заданных объектов в опасных зонах применяются алгоритмы машинного обучения. Для задач распознавания система должна обработать определенное количество визуальной информации. Во время обучения нейросети необходимо отключать работающие агрегаты и соблюдать требования безопасности вблизи опасных зон. В качестве исходного набора данных удобно использовать записи с камер [1, 8].

Структурную схему мониторинга опасных зон АПК можно разделить на несколько составных частей (рис. 2).

Данные мониторинга окружающей среды регистрируются с помощью видеокамер. Могут быть использованы стационарные камеры видеонаблюдения, расположенные по периметру помещения. Камеры можно расположить непосредственно над зоной контроля. Используемые видеокамеры должны соответствовать необходимым характеристикам, чтобы видеoinформацию с них можно было обработать и проверить на наличие искомых объектов опасной зоны.

Камеры на отслеживаемом участке должны располагаться так, чтобы охватить всю опасную зону. Для этого можно использовать несколько камер, расположенных по периметру зоны и направленных внутрь нее. Для большего покрытия камеры должны обладать широким углом обзора, например, не менее 180°. В случае, если камеры закреплены на механизме, область которого является опасной зоной (например, мобильный зерноочистительный комплекс), зона наблюдения

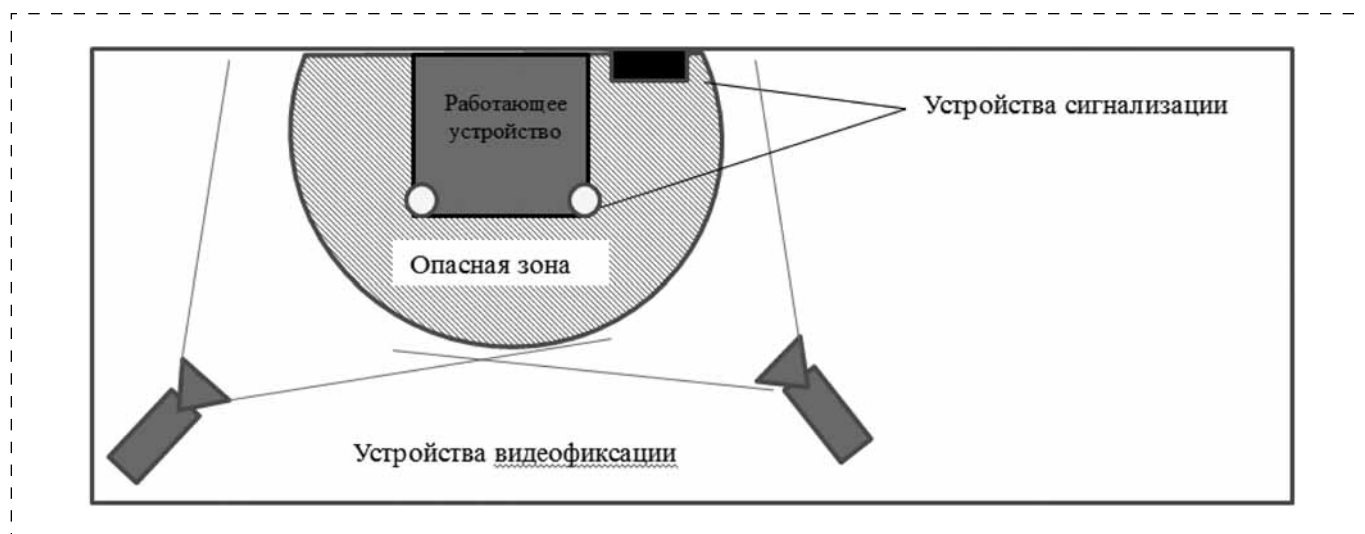


Рис. 1. Схема расположения системы мониторинга опасной зоны

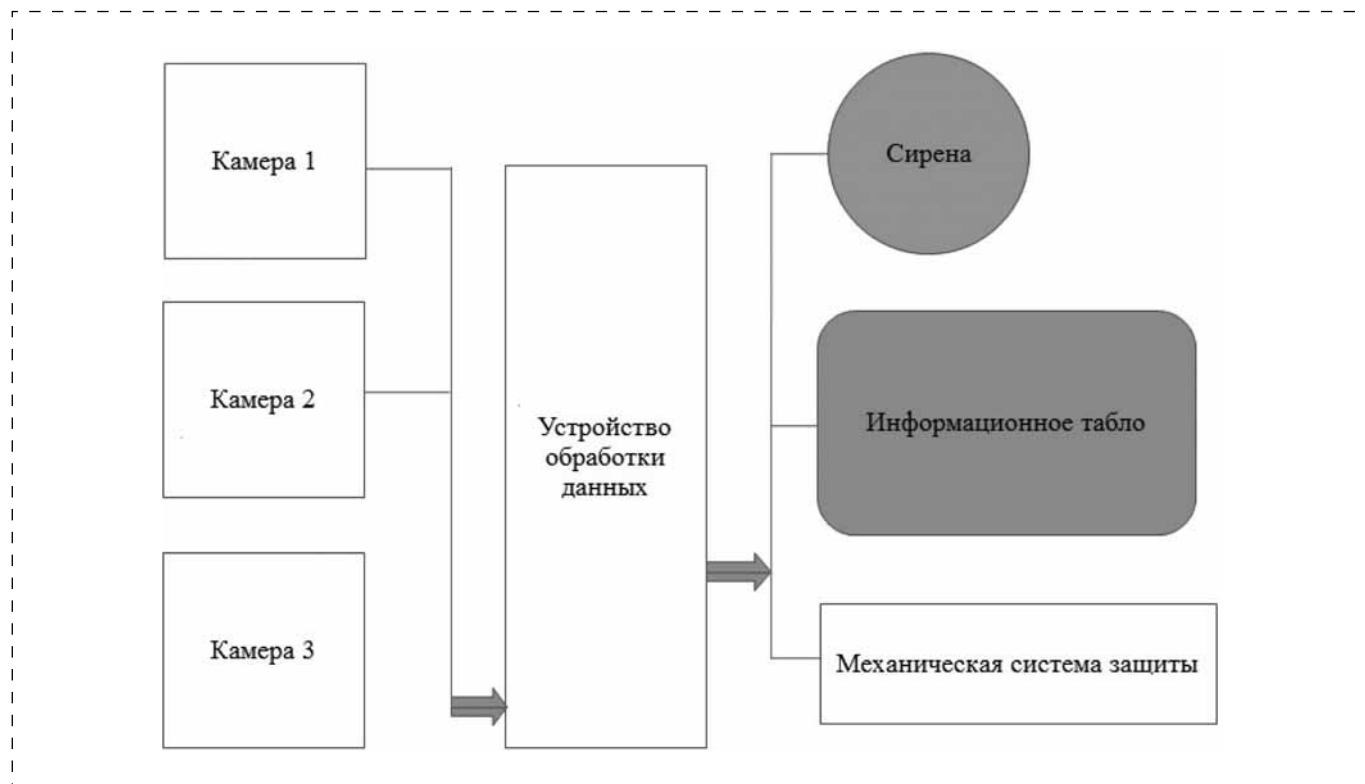


Рис. 2. Структурная схема системы мониторинга опасных зон АПК

камер должна покрывать всю область в необходимом радиусе вокруг агрегата.

Для обнаружения и распознавания объектов в видеопотоке необходимо применять алгоритмы машинного обучения, а также структуры нейронных сетей. Подобные структуры требуют относительно больших вычислительных мощностей. Для систем, используемых в помещениях с опасными зонами, целесообразно использовать стационарную систему. В качестве блока обработки целесообразно использовать специальные сборки ПК [11].

Связь оборудования производится через WIFI, либо по гигабитным протоколам Ethernet (тип соединительного кабеля — витая пара). Данный тип соединения видеокamer и сервера позволяет в достаточной мере обеспечить пропускную способность видеопотока FullHD, 25 кадров в секунду [9, 10].

Для систем, монтируемых на сельскохозяйственную технику, целесообразно применять автономные решения, включающие в себя средства интернет-соединения. Видеоинформация передается на удаленный сервер, где и обрабатывается. В случае распознавания неблагоприятной ситуации сервер отправляет команду срабатывания систем сигнализации и защиты. При достаточном покрытии сети, используя технологии HSDPA,

LTE, время на обработку сигнала варьируется от 100 до 200 мс.

В качестве управляемых устройств системы автоматизированного мониторинга целесообразно использовать устройства, соответствующие ГОСТ 31817.1.1—2012 (IEC 60839-1-1:1988) Системы тревожной сигнализации [11]:

- Оповещатель охраны световой (п. 4.41 ГОСТ) — оповещатель охраны, использующий в качестве сигналов оповещения световые сигналы.
- Извещатель (п. 4.20 ГОСТ) — устройство, предназначенное для формирования извещения о тревоге при обнаружении опасности.

Световая сигнализация позволяет точно локализовать зону срабатывания [12]. Расположение световых оповещателей должно при срабатывании обозначить опасную зону, которую необходимо покинуть.

Звуковая сигнализация срабатывает автоматически параллельно со световой сигнализацией и позволяет определить опасную зону для быстрого реагирования работника и отключения системы (рис. 3).

В качестве исполнительных механизмов помимо световой и звуковой сигнализации должны применяться механические и электрические

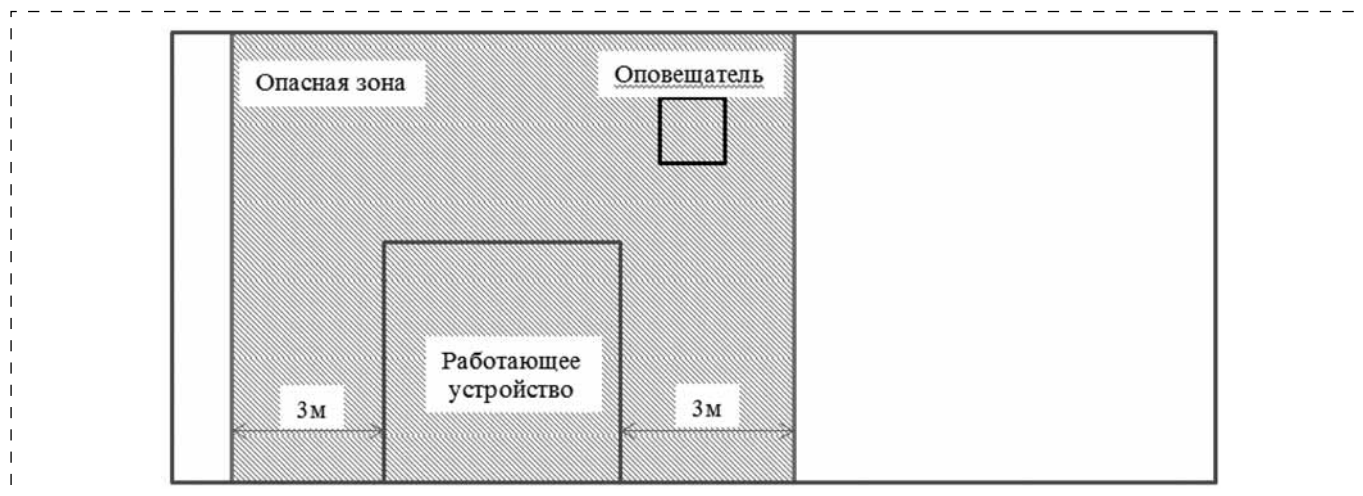


Рис. 3. Пример расположения звуковых оповещателей

системы защиты: запорные механизмы, размыкающие реле, предохранительные устройства.

В случае если необходим постоянный контроль опасных зон, система мониторинга с режимом распознавания является незаменимой. Благодаря программной адаптации к любым видам опасных сценариев, а также возможности управления любыми агрегатами, имеющими электропроводку, система может быть интегрирована в большинство видов работ [13, 14].

В областях взаимодействия человека с машиной предъявляются высокие требования к соблюдению требований охраны труда, а также к обеспечению безопасности на рабочем месте.

Опасные зоны, их радиус и алгоритм работы системы в той или иной ситуации может быть программно сконфигурированы в зависимости от требований и адаптированы к структурным состояниям. В случае, когда система распознает опасность, происходит автоматический останов движущихся элементов. Вариативность расположения камер позволяет покрыть любую зону опасности. Система может распознавать людей, средства индивидуальной защиты (СИЗ), материалы и объекты, что позволяет настроить контроль доступа в зоны опасности и установить различные сценарии работы [7, 11, 13].

Рассмотрим пример функционирования системы мониторинга опасных зон на примере шнекового транспортера. Зона вокруг открытой области загрузки отмечена черным контуром в виде прямоугольника и является опасной (рис. 4 — см. 2-ю стр. обложки). Нахождение в данной области человека, попытки каких-либо манипуляций внутри области загрузки потенциально травмоопасны [6, 7].

Купольная камера, расположенная над опасной зоной, захватывает всю зону по периметру и осуществляет постоянный мониторинг на наличие запрещенных в зоне объектов (в данном случае это человек и части его тела).

Шнековый транспортер оснащен системой световой тревожной сигнализации, оповещающей об опасности. Электропривод транспортера связан с системой мониторинга и может быть программно отключен.

В случае, когда в область опасной зоны, отмеченной на рис. 5 (см. 2-ю стр. обложки), заходит человек, система распознает образы с видеосигнала. Распознавание образов осуществляется по кадрово со скоростью 25 кадров/с. Подобная частота позволяет с высокой скоростью осуществить распознавание объекта в опасной зоне и принять решение о потенциальной опасности травмирования человека.

В случае, если система распознала объект внутри опасной зоны, она дает сигнал органам управления и оповещения (см. рис. 4 на 2-й стр. обложки).

Затем включается тревожная сигнализация, благодаря которой можно определить потенциально травмоопасную область. Система принудительно останавливает электропривод шнекового транспортера. Риск травмы снижается. Время от появления в опасной зоне человека до остановки лопастей шнека — 0,1...0,6 с.

Особенностью системы является не только настройка на распознавание любых физических объектов в заданной области, но и гибкость управления исполнительными механизмами. Система позволяет использовать любые соответствующие защитные,

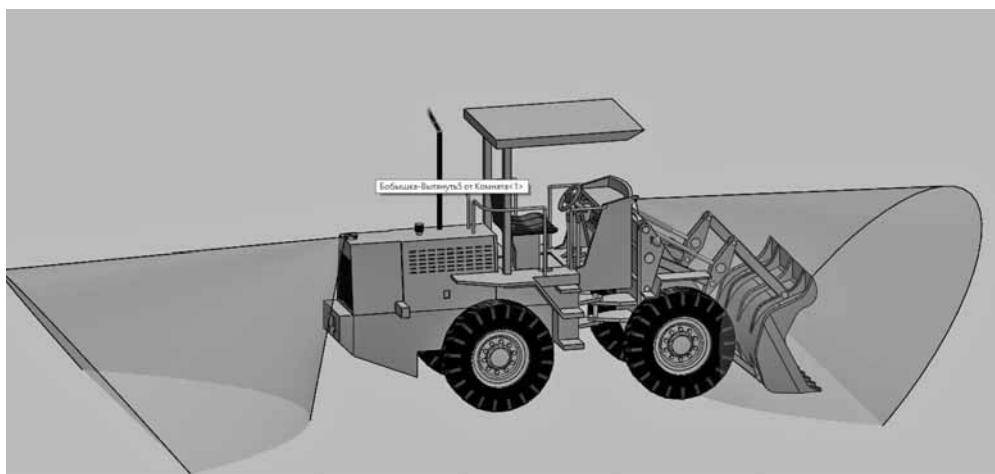


Рис. 6. Пример оснащения системой мониторинга опасных зон погрузчика

оградительные, тормозящие механизмы и гибко интегрироваться в системы управления.

Система также может устанавливаться на движущуюся технику (трактора, комбайны, погрузчики). Внедрение систем сигнализации в технику подобного вида позволит снизить риски травматичности при маневрах и работе с сыпучими материалами. Водитель не всегда сможет увидеть человека при маневрах из-за габаритов техники. Также не следует исключать человеческий фактор.

Если в области распознавания камер, установленных на погрузчике, появляется человек, возникает риск нанесения травм. В таком случае системы программно разорвут цепи питания систем зажигания, тем самым заглушив двигатель, либо иным предусмотренным способом не позволят тяжелой технике ехать в заданном направлении (рис. 6).

Например, во время ремонта оборудования или его настройки можно отключить фильтр, распознающий человека в опасной зоне, что дает возможность работникам доступ к оборудованию (рис. 7 — см. 2-ю стр. обложки).

При необходимости можно установить режим противопожарной сигнализации и при распознавании вспышки света в заданных областях система будет сигнализировать о пожаре задолго до того, как датчики дыма обнаружат задымление.

В заключении следует отметить, что использование подобной системы в АПК является целесообразной ввиду того факта, что мониторинг ситуации на травматичность осуществляется интеллектуальными системами. Исключение человеческого фактора из процесса, а также его непрерывность направлены на снижение количества

несчастных случаев и травмоопасных ситуаций. При совокупности таких мер, как инструктажи по охране труда, использование СИЗ, соблюдение работниками требований охраны труда, подобная система позволит дополнительно снизить риски травм, автоматически отключая и блокируя агрегаты при наличии в опасных зонах определенных объектов.

### Список литературы

1. Лазарев В., Сафонов А. Пути автоматизации сельского хозяйства // controleng.ru: информ.-справочный портал. М., 2018. URL: <https://controleng.ru/wp-content/uploads/7526.pdf> (дата обращения 16.02.2021).
2. Алферьев Д. А. Практика реализации сверточных нейронных сетей в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе // elibrary.ru: информ.-справочный портал. М., 2019. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43047635\\_96022622.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43047635_96022622.pdf) (дата обращения 16.02.2021).
3. Алферьев Д. А. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // АгроЗooТехника. — 2018. — Т. 1. — № 4. DOI: 10.15838/alt.2018.1.4.5.
4. Чуба А. Ю., Чуба Ан. Ю. Современные решения в области цифровизации и автоматизации сельского хозяйства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2019. — № 5. — С. 163—165.
5. Скворцов Е. А., Набоков В. И., Некрасов К. В., Скворцова Е. Г., Кротов М. И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Аграрный вестник Урала. — 2019. — № 8 (187). — С. 91—98. DOI: 10.32417/article\_5d908ed78f7fc7.89378141.
6. Яковлева Е. В., Быков М. О. Обзор примеров искусственного интеллекта управления безопасностью труда в АПК // Вестник сельского развития и социальной политики. — 2020. — № 4 (28). — С. 26—28.
7. Фролов А. С., Яковлева Е. В. Профилактика травматизма на производстве посредством использования обучающей системы "СПЭК. Первая помощь" // Молодежная программа 24-й Международной специализированной онлайн выставки "Безопасность и охрана труда" БИОТ-2020. Москва, 08—11 декабря 2020 г. — С. 69—74.

8. Кузьмин В. Н. Исследование методов разработки программ технического оснащения сельского хозяйства // cyberleninka.ru информ.-справочный портал. М., 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-razrabotki-programm-tehnicheskogo-osnascheniya-selskogo-hozyaystva/viewer> (дата обращения 16.02.2021).
9. Набоков В. И., Некрасов К. В., Зуева О. Н., Донскова Л. А. Отраслевые особенности как фактор формирования и развития логистических систем в АПК // Аграрный вестник Урала. — 2016. — № 12 (154). — С. 102—104.
10. Набоков В. И., Скворцов Е. А., Некрасов К. В. Кадровая проблема и внедрение робототехники в сельском хозяйстве // Финансовая экономика. — 2018. — № 7. — С. 89—91.
11. Федоренко В. Ф., Черноиванов В. И., Гольяпин В. Я., Федоренко И. В. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: научный аналитический обзор. — М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2018. — 232 с.
12. Мониторинг зоны с помощью лазерных 2D-сканеров // pilz.com сайт компании. URL: <https://www.pilz.com/ru-RU/products/applications/area-guarding/area-monitoring> (дата обращения 16.02.2021).
13. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ // Собрание законодательства. — 1997. — № 116-ФЗ.
14. Бухтиярова В. Ю., Яковлева Е. В. Структура управления персоналом в системе управления безопасностью труда на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса: Сб. статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева. — 2020. — С. 640—645.

E. V. Yakovleva, Associate Professor, e-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru,  
M. O. Bykov, Postgraduate Student, A. S. Frolov, Postgraduate student,  
Oryol State Agrarian University named after N. V. Parakhina

## Digital Transformation of Hazardous Area Monitoring in Agriculture

*As a result of a review of sources, an approach to equipping AIC with IT products in the areas of object recognition, classification and selection of objects, as well as automation of work related to machine learning algorithms has been identified. The introduction of intelligent monitoring systems will almost fully automate the process of monitoring compliance with labor protection requirements in certain areas. The presence of signaling systems, or systems with protection mechanisms will eliminate the human factor and reduce the risks and number of accidents through more careful control over the work process.*

**Keywords:** labor protection, machine learning, object recognition, neural network, safety, biometrics, hazardous areas, management

### References

1. Lazarev V., Safonov A. Puti avtomatizatsii sel'skogo hozyajstva // controleng.ru: inform.-spravochnyj portal. Moscow, 2018. URL: <https://controleng.ru/wp-content/uploads/7526.pdf> (date of access 16.02.2021).
2. Alfer'ev D. A. Praktika realizatsii svertochnyh nejronnyh setej v sel'skom hozyajstve i agropromyshlennom komplekse // elibrary.ru: inform.-spravochnyj portal. Moscow, 2019. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43047635\\_96022622.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43047635_96022622.pdf) (date of access 16.02.2021).
3. Alfer'ev D. A. Iskusstvennyj intellekt v sel'skom hozyajstve. *Agro-ZooTekhnika*. 2018. Vol. 1. No. 4. DOI: 10.15838/alt.2018.1.4.5.
4. Chuba A. Yu., Chuba An. Yu. Sovremennye resheniya v oblasti cifrovizatsii i avtomatizatsii sel'skogo hozyajstva. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. No. 5. P. 163—165.
5. Skvorcov E. A., Nabokov V. I., Nekrasov K. V., Skvorcova E. G., Krotov M. I. Primenenie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v sel'skom hozyajstve. *Agrarnyj vestnik Urala*. 2019. No. 8 (187). P. 91—98. DOI: 10.32417/article\_5d908ed78f7fc7.89378141.
6. Yakovleva E. V., Bykov M. O. Obzor primerov iskusstvennogo intellekta upravleniya bezopasnost'yu truda v APK. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki*. 2020. No. 4 (28). P. 26—28.
7. Frolov A. S., Yakovleva E. V. Profilaktika travmatizma na proizvodstve posredstvom ispol'zovaniya obuchayushchej sistemy "SPEK. Pervaya pomoshch". *V sbornike: konkurs Nauchno-issledovatel'skih rabot*. 2020. P. 69—74.
8. Kuz'min V. N. Issledovanie metodov razrabotki programm tekhnicheskogo osnashcheniya sel'skogo hozyajstva. cyberleninka.ru inform.-spravochnyj portal. Moscow, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-razrabotki-programm-tehnicheskogo-osnascheniya-selskogo-hozyaystva/viewer> (date of access 16.02.2021).
9. Nabokov V. I., Nekrasov K. V., Zueva O. N., Donskova L. A. Otrasevye osobennosti kak faktor formirovaniya i razvitiya logisticheskikh sistem v APK. *Agrarnyj vestnik Urala*. 2016. No. 12 (154). P. 102—104.
10. Nabokov V. I., Skvorcov E. A., Nekrasov K. V. Kadrovaya problema i vnedrenie robototekhniki v sel'skom hozyajstve. *Finansovaya ekonomika*. 2018. No. 7. P. 89—91.
11. Fedorenko V. F., Chernoiivanov V. I., Gol'tyapin V. Ya., Fedorenko I. V. Mirovye tendentsii intellektualizatsii sel'skogo hozyajstva: nauchnyj analiticheskij obzor. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2018. 232 p.
12. Monitoring zony s pomoshch'yu lazernyh 2D-skanerov // pilz.com sayt kompanii. URL: <https://www.pilz.com/ru-RU/products/applications/area-guarding/area-monitoring> (date of access 16.02.2021).
13. O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennykh ob'ektov. Federal'nyj zakon ot ot 21.07.1997 No. 116-FZ. *Sobranie zakonodatel'stva*. 1997. No. 116-FZ.
14. Buhtiyarova V. Yu., Yakovleva E. V. Struktura upravleniya personalom v sisteme upravleniya bezopasnost'yu truda na predpriyatiyah, ekspluatiruyushchih opasnye proizvodstvennye ob'ekty. *Razvitiye i vnedrenie sovremennykh naukoemkikh tekhnologij dlya modernizatsii agropromyshlennogo kompleksa: Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 125-letiyu so dnya rozhdeniya Terentiya Seменовича Mal'ceva*. 2020. P. 640—645.

**Н. Д. Дорохова**, канд. вет. наук, доц., e-mail: natalya.dorohova.75@mail.ru,  
**Л. В. Кобцева**, канд. с.-х. наук, доц., e-mail: Kobtseva\_1@inbox.ru, Алтайский  
государственный аграрный университет, Барнаул

## Новые подходы к проведению инструктажа по охране труда на предприятиях

*Отмечена значимость инструктажа как способа обучения работников правилам безопасного ведения работ. Предлагается использование научного подхода к организации проведения инструктажа по охране труда, который позволит убедить работников в необходимости соблюдения требований безопасности, помочь им уяснить, понять, прочувствовать все последствия несчастного случая или заболевания, создать атмосферу нетерпимости к несчастным случаям. Это позволит повысить эффективность борьбы за безопасную работу, за профессиональное мастерство и рабочее достоинство каждого исполнителя.*

**Ключевые слова:** охрана труда, программа проведения инструктажа, инструктаж, инструктируемый, алгоритм, безопасное ведение работ, эффективность

### Введение

Знание требований обеспечения безопасности труда каждым работником является задачей экономического и социально-политического значения и первостепенной важности как для работодателя, так и специалистов всех структурных подразделений организации.

В современных условиях жизнь и здоровье людей на производстве подвергаются постоянной опасности в результате старения основных производственных фондов, возникновения аварий, пожаров, вредных выбросов и отравлений, а также во многом зависят от уровня квалификации самих работников, соблюдения всех требований охраны труда.

Государство вынуждено платить огромную цену, измеряемую человеческими жизнями и утратой здоровья. Неудовлетворительное состояние здоровья работающих россиян негативно отражается на национальной экономике.

От того, как организован труд, зависят эффективность использования применяемых орудий труда, качество выпускаемой продукции, себестоимость, а также общая культура производства. Согласно статьям 21 и 219 Трудового кодекса РФ работник имеет право на рабочее место, соответствующее условиям, предусмотренным государственными стандартами организации и коллективным договором, а также требованиям охраны труда. Это право работника обеспечивается обязанностями работодателя, установленными в статье 212 Трудового кодекса РФ.

Очевидным является тот факт, что полностью избежать рисков в трудовой деятельности, особенно в области материального производства, практически невозможно, но уменьшить их путем проведения профилактических мероприятий просто необходимо. И этому в решающей мере способствует высококачественное обучение и инструктирование работников по вопросам охраны труда [1].

Обучение по охране труда обеспечивает закрепление прежних и приобретение новых знаний, совершенствование умений и навыков безопасности труда [2].

Цель исследования: улучшение качества проведения инструктажа по охране труда на предприятиях.

### Методы и результаты исследования

Особое значение инструктажа на рабочем месте определяется его социальной и экономической направленностью. От понимания и усвоения содержания инструктажа во многом зависит здоровье конкретных исполнителей и успех работы всего коллектива предприятия [3].

Качество обучения по охране труда работающих зависит от подготовленности должностных лиц, их психолого-педагогических знаний, способностей применять на практике производственно-педагогический опыт.

В отличие от других видов обучения по охране труда инструктаж характеризуется кратко-



временностью проведения, а значит необходимостью передачи информации высокой плотности. Нельзя не учитывать и тот факт, что на практике подавляющее большинство инструктируемых по различным причинам формально относятся к происходящему. Все сказанное требует повышенного внимания, как к построению оптимальной структуры инструктажа, так и к выбору принципов изложения его содержания.

Инструктаж как вид обучения по безопасности труда на рабочем месте означает процесс совместной учебно-производственной деятельности руководителей и исполнителей работ. Первые передают специфические знания, умения и навыки безопасного труда, а вторые усваивают эти знания, умения и навыки или закрепляют и совершенствуют имеющиеся. Взаимосвязь этих двух сторон единого процесса (субъекта и объекта учебно-производственной деятельности) образует целостную производственно-педагогическую систему. Такая система имеет свои специфические функции и определяется общностью главной цели — подготовки или создания условий, обеспечивающих безопасный труд.

К структурным элементам системы относятся цель и содержание инструктажа, средства педагогической коммуникации, объект воздействия (обучаемые — исполнители работ), субъект воздействия (инструкторы — руководители или специалисты). Каждый элемент системы самостоятелен, и вместе с тем связан с другим, изменение любого приводит к изменению всех остальных и системы в целом.

По общей теории управления основные связи, обеспечивающие эффективное функционирование систем, — это связи управления. В рассматриваемой производственной педагогической системе эти связи проявляются в руководящей деятельности инструктора по организации и регулированию проведения инструктажа. Для достижения требуемого результата должны быть связи, определяющие взаимодействия между субъектом и объектом и носящие характер управления.

Управление процессом повышения эффективности инструктажа предполагает, что система имеет возможности для контроля и оценки реального уровня надежности каждого элемента структуры, обладает способностью и средствами для сбора и анализа информации, а также располагает надежными методами и средствами воздействия на объект управления.

В роли критериев оценки управляющих воздействий выступают показатели (параметры), имеющие качественное и количественное выражение и способствующие реализации оптимальных условий для достижения целей инструктажа.

Главная цель инструктажа заключается в том, чтобы работающие выполняли процессы и операции рационально, безошибочно или, в крайнем случае, своевременно могли бы исправить допущенную ошибку. Такой результат достижим при высоком уровне надежности каждого элемента педагогической системы и зависит от квалификации руководителей и специалистов.

Частью системного подхода к совершенствованию управления процессом инструктажа может служить постепенное, ступенчатое приобретение руководителями и специалистами глубоких знаний инженерной психологии, овладение методами и принципами социально-психологического тренинга, а также другими прогрессивными методами и формами работы с коллективами трудящихся.

Обладея высоким уровнем квалификации и современными новаторскими знаниями, руководитель и специалист, получив по каналам обратной связи ту или иную информацию, могут своевременно и качественно провести необходимую коррекцию взаимодействия как производственно-педагогической системы, так и системы человек—машина.

Эффективность инструктажа как элемента системы обучения безопасности труда обеспечивается тогда, когда содержание инструктажа строго научно, логично построено, последовательно излагается и полностью базируется на реальных условиях выполняемых процессов и операций.

Для рационального достижения целей инструктажа следует учитывать дидактические принципы и, прежде всего научность, доступность, систематичность, последовательность, оптимальность.

Практическое применение принципов научности и доступности к инструктажу на рабочем месте предполагает, что его содержание знакомит работающих с объективно существующими фактами реальной действительности, способами научной организации труда и содействует раскрытию взаимосвязей между ними, а по уровню соответствует реальным возможностям обучаемых.

Принцип систематичности и последовательности должен использоваться в качестве исходного условия: каждый элемент содержания логически связывается с другими; последующее опирается на предыдущее; из ряда возможных вариантов последовательности избирается наиболее рациональный; план (структура) инструктажа строится на основании четко выраженной логичности и оптимальности информации. Принцип оптимальности предполагает соответствие содержания задачам инструктажа и выделение в содержании

главного, существенного, исключающего чрезмерные затраты времени и усилий.

Предпосылкой научного подхода к содержанию инструктажа является понимание того, что в технологиях производства, например сельскохозяйственной продукции, в настоящее время практически нет безопасных процессов и операций, машин и оборудования. В сознании каждого инструктируемого должна четко отразиться причинно-следственная связь между реально существующими в процессах (операциях) опасностями и вредностями и потенциальной возможностью травмирования или заболевания работающих.

Исходя из структуры программы проведения инструктажа, методически целесообразно выделить три взаимоувязанных части (этапа), которые логически точно определяют основу безопасности труда:

- общую характеристику и требования технологического процесса (операции);
- основные опасные и вредные производственные факторы, опасные зоны процесса (операции) и их источники, опасные факторы пожара;
- условия достижения соответствующих безопасных условий труда при подготовке к работе, при ее выполнении и после окончания.

Такой план, являясь укрупненным, вместе с тем универсален, он приемлем для подготовки содержания инструктажа по любому производственному процессу или операции. В этом случае о нем следует говорить как об алгоритме инструктажа, т. е. о точном предписании о выполнении в определенном порядке некоторой системы операций, ведущих к решению поставленных задач.

Для технологических процессов производства, насыщенных сложными и мощными машинами, оборудованием и приспособлениями, целесообразно детализировать алгоритм инструктажа на рабочем месте и представить его в виде специальной формы документа предприятия по охране труда.

В первый раздел алгоритма инструктажа рекомендуется включать следующие пункты: цель процесса, задачи работающего, место и роль работающего в выполняемом процессе для предприятия, краткую характеристику особенностей технологического процесса (операции), обоснование необходимости проведения инструктажа и воспитания чувства ответственности работающего за безопасный труд.

В содержании этого раздела существенным должно быть воздействие на психику работающих, позволяющее каждому осознать себя членом коллектива, выполняющим важные производственные задачи. Убедить людей в необходимости соблюдения требований безопасности труда, помочь им

уяснить, понять, прочувствовать все последствия несчастного случая или заболевания, создать атмосферу нетерпимости к несчастным случаям — вот то, что позволит повысить эффективность борьбы за безопасную работу, за профессиональное мастерство и рабочее достоинство каждого исполнителя.

Во втором разделе алгоритма инструктажа дается характеристика основных процессов по наличию опасных и вредных факторов с учетом особенностей производства.

Третий раздел алгоритма инструктажа состоит из ряда блоков. В первом блоке рассматриваются требования технического характера: особенности устройства машин и механизмов, их техническое состояние и безопасность труда, предохранительные устройства, приспособления и ограждения, системы блокировки, сигнализации, зануления, заземления, средства индивидуальной защиты и первичные средства пожаротушения. Особенность содержания первого блока состоит в том, чтобы показать инструктируемым, что действие ряда опасных факторов может быть исключено полностью или доведено до безопасного путем применения специальных технических решений (средств).

Во втором блоке третьего раздела алгоритма инструктажа рассматриваются организационные требования и вопросы организации безопасного содержания рабочего места, порядок подготовки машин к работе, схема безопасного передвижения, безопасная организация различных работ. Содержание блока должно придать значимость выполнению организационных требований безопасности.

Содержание рассмотренных двух блоков по своим структурным свойствам в системе безопасности характеризуется уровнем совершенства машин, оборудования и приспособлений, организации труда на предприятии. Наличие на машинах и оборудовании средств защиты, исправность и соответствие их технического состояния требованиям нормативных документов, научная организация труда при работе и подготовке техники к выполнению процессов исключают действие многих потенциально опасных и вредных факторов.

В третьем блоке алгоритма третьего раздела инструктажа рассматриваются особенности безопасности в условиях работы. Он предназначен для опасных и вредных факторов (защита от остаточного риска). Содержание третьего блока компенсирует недостающие технические средства и организационные требования и как бы балансирует систему "труд — безопасность" объяснением и по возможности показом безопасных способов и приемов работы в условиях действия



вредных и опасных факторов или при возникновении чрезвычайных (аварийных) ситуаций. Этот блок состоит из следующих пунктов: безопасные приемы и методы выполнения процесса; требования по предупреждению пожара и взрыва; действия при возникновении опасных аварийных ситуаций.

При изложении безопасных приемов и методов работы рекомендуется использовать слова типа "следует", "необходимо", "должен" и производные от них. Смысл такого требования заключается в обучении работающих рациональным, правильным действиям, а не запрещающим, как это было и еще остается в существующих инструкциях и правилах.

Для получения логически завершенной системы инструктажа целесообразно дополнить третий раздел алгоритма четвертым блоком по контролю знаний (действий) инструктируемого и допуску к работе. Работнику следует сообщить, что его действия будут контролироваться и в течение всего времени работы ему будет оказываться необходимая помощь в совершенствовании профессионального мастерства, навыков безопасной работы.

Знания, полученные при инструктаже, проверяются работником, проводившим инструктаж. Метод проверки — опрос, он должен вестись на уровне беседы, рассуждений, поиска правильного ответа или решения.

Главная цель контроля знаний инструктируемого — выявить не только знания или незнания, но и установить причину неусвоения учебно-производственного материала: заключена ли она

в несовершенстве методики и формы организации инструктажа или в каких-либо личностных особенностях инструктируемых. Это дает возможность скорректировать систему инструктажа и добиться тем самым положительного результата в обучении. Устный опрос инструктируемых по возможности следует сочетать с опросом по специальным карточкам, применяя технические средства обучения и контроля знаний, что позволит разнообразить процесс проверки.

### Заключение

Изложенный подход к проведению инструктажа позволит облегчить усвоение материала и повысить качество доведения его до работников, что должно отразиться на отношении инструктируемых к работе. А это в свою очередь положительно скажется на показателях травматизма и заболеваемости в коллективе и на производственных показателях в целом.

### Список литературы

1. Фролов О. П. Высокое качество обучения охране труда — основа безопасности работника // Кадры предприятия. — 2013. — № 4. — С. 70—75.
2. Белокуренько С. А., Дорохова Н. Д., Медведева Ж. В., Кобцева Л. В. Совершенствование организации труда на производстве: Образование и наука в современных реалиях: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. — Чебоксары: ЦНС "Интерактив плюс", 2018. — С. 164—166.
3. Дорохова Н. Д., Белокуренько С. А., Медведева Ж. В., Кобцева Л. В. Повышение эффективности проведения инструктажей по безопасности труда // Инновационные технологии в науке и образовании: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. — Чебоксары: ЦНС "Интерактив плюс", 2016. — № 4 (8). — С. 213—218.

**N. D. Dorokhova**, Associate Professor, e-mail: natalya.dorokhova.75@mail.ru,  
**L. V. Kobtseva**, Associate Professor, e-mail: Kobtseva\_l@inbox.ru,  
Altai State Agrarian University, Barnaul

## New Approaches to Providing Induction on Labor Protection at Enterprises

*This article shows the importance of induction as a way of teaching employees the rules of safe work practices. It is suggested to use a scientific approach in the organization of induction on labor protection, which will convince employees of the need to comply with safety requirements, help them realize, understand, get a clear picture of all the consequences of an accident or illness, create an atmosphere of intolerance to accidents. In general, this will increase the effectiveness of the struggle for safe work, for professional skills and working dignity of each worker.*

**Keywords:** labor protection, instructing program, induction, trainee, algorithm, safe work practice, efficiency

### References

1. Frolov O. P. Vysokoe kachestvo obucheniya ohrane truda — osnova bezopasnosti rabotnika. *Kadry predpriyatiya*. — 2013. — No. 4. — P. 70—75.
2. Belokurenko S. A., Dorokhova N. D., Medvedeva Zh. V., Kobtseva L. V. Sovershenstvovanie organizatsii truda na proizvodstve: Obrazovanie i nauka v sovremennykh realiyah:

materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. — Cheboksary: CNS "Interaktiv plus", 2018. P. 164—166.

3. Dorokhova N. D., Belokurenko S. A., Medvedeva Zh. V., Kobtseva L. V. Povyshenie effektivnosti provedeniya instruktazhay po bezopasnosti truda: Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii: materialy VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. — Cheboksary: CNS "Interaktiv plus", 2016. No. 4 (8). P. 213—218.

**В. Л. Мурзинов**, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: dr.murzinov@yandex.ru,  
**П. В. Мурзинов**, канд. техн. наук, доц. кафедры, зав. лабораторией,  
**Ю. В. Мурзинов**, канд. техн. наук, доц. кафедры, Воронежский государственный  
 технический университет

## Защита от шума на путях его распространения с использованием вакуумной прослойки

*Рассмотрена одна из актуальных проблем современной жизни — защита от шума на путях его распространения. Существуют различные методы и подходы. Предлагались разные варианты решения проблемы, среди которых метод применения вакуума для защиты от шума. С позиции физики вакуум является идеальной средой, препятствующей распространению звуковых волн. В настоящее время поиск устройств, использующих вакуумную прослойку для защиты от шума, продолжается. Например, предложено средство индивидуальной защиты — противошумные наушники.*

**Ключевые слова:** шум, защита от шума, вакуум, вакуумная прослойка, постоянные магниты, противошумные наушники

### Введение

Как известно, шум относится к негативным явлениям. По степени отрицательного влияния шум сопоставим с запыленностью, производственными выбросами, кислотными дождями и т. д. Защита от шума стала актуальной проблемой, так как ее решение может обеспечить нормальные условия работы на производстве. Одним из средств защиты от шума на путях его распространения являются противошумные наушники, обладающие свойствами звукоизоляции и звукопоглощения. Для противошумных наушников наряду с акустическими характеристиками — звукоизоляция, коэффициент звукопоглощения, не менее важным показателем является диапазон частот звукового потока, ограждаемого наушниками. Этот показатель имеет большое значение при определении области использования противошумных наушников.

Среди методов и подходов в области защиты от шума делаются попытки использовать вакуум. Общеизвестно что звук не может распространяться в пустоте. Например, в школах иногда демонстрируется опыт с будильником под стеклянным колпаком. Звон будильника слышен, когда под колпаком воздух, а при создании вакуума под колпаком звонок не слышен. Однако вакуумные конструкции в качестве звукоизолятора до сих пор не нашли широкого применения. Хотя как показано в работах [1, 2], вакуум обладает огромной звукоизоляцией.

Впервые исследование вопроса об использовании вакуума для защиты от шума было проведено известным немецким акустиком Эрвином

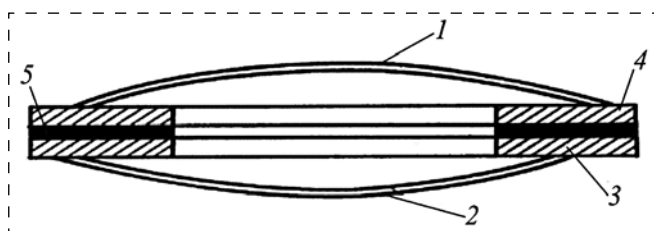
Майером [3]. Однако эксперименты показали, что защиты от шума не происходит, так как создание вакуума требует наличия контактных зон между стенками звукоизоляционной конструкции. Эти зоны представляют собой акустические мостики, по которым передается звуковой поток.

### Обзор существующих конструкций с использованием вакуума

Попытка внедрить вакуум в конструкцию звукоизолирующей панели была сделана в работе [1]. На рис. 1 показана схема вакуумной звукоизолирующей панели.

Для панели, использующей вакуум, теоретически было показано, что наличие вакуума обеспечивает бесконечную величину звукоизоляции [2], что видно из формулы

$$R = 10 \lg \left[ \frac{\exp(i(k_3 - k_0)d)}{4Z_0Z_3} (Z_3 - Z_0)^2 \times \right. \\ \left. \times \{ [M1][M2] - [M3][M4] \exp(-2ik_3d) \} \right],$$



**Рис. 1. Вакуумная звукоизолирующая панель:**  
 1 и 2 — стенки в виде части сферы; 3 и 4 — металлические рамки;  
 5 — упругая уплотняющая прокладка (акустический мостик)



где  $i$  — мнимая единица;  $d$  — расстояние между стенками;

$$M1 = \frac{Z_1}{2Z_0} \left( \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \right) - \left( 1 + \frac{Z_1}{2Z_0} \right);$$

$$M2 = \frac{Z_2}{2Z_0} \left( \frac{Z_3 - Z_0}{Z_3 + Z_0} \right) - \left( 1 + \frac{Z_2}{2Z_0} \right);$$

$$M3 = \frac{Z_1}{2Z_0} - \left( 1 + \frac{Z_1}{2Z_0} \right) \left( \frac{Z_3 - Z_0}{Z_3 + Z_0} \right);$$

$$M4 = \frac{Z_2}{2Z_0} - \left( 1 + \frac{Z_2}{2Z_0} \right) \left( \frac{Z_3 - Z_0}{Z_3 + Z_0} \right),$$

$k_0, k_3$  — волновые числа окружающей среды и среды между стенками;  $Z_0$  — импеданс со стороны окружающей среды;  $Z_1, Z_2$  — импеданс стенок конструкции;  $Z_3$  — импеданс среды между стенками. При  $Z_3 = 0 \rightarrow R \rightarrow \infty$ .

Звукоизолирующая панель состоит из двух стенок 1, 2, выполненных в виде части сферы выпуклостью наружу, прочно и герметично соединенных с массивными рамками 3, 4, между которыми установлена виброизолирующая опора в виде упругой уплотняющей прокладки 5. Между стенками создается вакуум. Внешнее атмосферное давление с очень большой силой прижимает стенки с рамками друг к другу, сжимая уплотняющую прокладку.

Анализ результатов экспериментов этой панели показал, что заметного снижения шума не происходит. Кроме того, поверхностная плотность этой вакуумной звукоизолирующей панели весьма высока и составляет десятки килограммов на квадратный метр.

Наличие акустических мостиков в конструкциях звукоизолирующих панелей сильно снижает эффективность звукоизоляции. Поэтому звукоизолирующие панели с вакуумом не нашли широкого использования. Акустически мостики обладают следующим свойством: чем больше на них нагрузка, тем они эффективнее пропускают звуковой поток.

Попытка разгрузить акустические мостики была сделана в конструкции "Многослойное теплозвукоизоляционное ограждение" [4]. В этом устройстве используется вакуумирование между параллельными стенками для усиления эффекта демпфирования стенок и снижения звукопроницаемости всей конструкции. В этой конструкции установлены электромагниты, питание которых осуществляется от внешнего источника. Все это делает конструкцию громоздкой, с высокой поверхностной плотностью и малоприспособленной для практического использования.

В устройстве с пониженным шумом, предложенном в работе [5], также используется

вакуумирование, и это устройство обладает большой поверхностной плотностью.

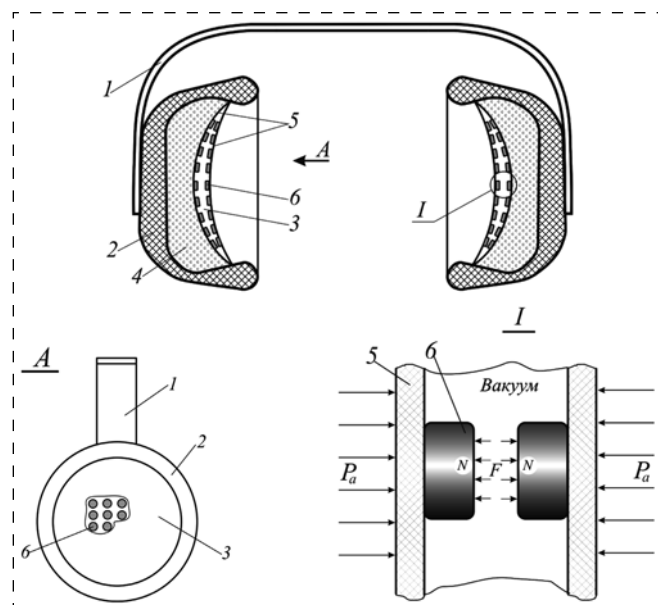
### Современные разработки устройств с вакуумной прослойкой

Устройствами защита от шума на путях его распространения, кроме звукоизолирующих панелей, являются средства индивидуальной защиты — противошумные наушники. Они эффективно защищают органы слуха человека от вредного воздействия шума.

Разработанная авторами конструкция противошумных наушников обеспечивает защиту органов слуха от широкодиапазонного шума благодаря использованию тонкого вакуумного слоя [6]. Вакуумный слой сформирован с помощью применения постоянных магнитов. При этом существует дополнительная функция наушников — снимать стрессовое состояние и головную боль за счет наличия постоянных магнитов.

Внешний вид устройства противошумных наушников показан на рис. 2.

Противошумные наушники содержат оголовье 1, на котором укреплен корпус наушника 2 с протектором 3. Между корпусом наушника 2 и протектором 3 располагается звукопоглотитель 4, изготовленный из волокнистого материала и служащий для фиксации положения протектора 3, состоящего из двух параллельных листов 5, изготовленных из гибкого упругого полимерного герметичного материала.



**Рис. 2. Внешний вид противошумных наушников:**  
1 — оголовье; 2 — корпус наушника; 3 — протектор; 4 — звукопоглотитель; 5 — параллельные полимерные листы; 6 — постоянные неодимовые магниты;  $P_a$  — атмосферное давление;  $F$  — сила магнитного отталкивания

На внутренних сторонах каждого листа 5 укреплены постоянные неодимовые магниты 6, направленные к листам одинаковыми полюсами. Параллельные листы 5 герметично соединены по краям между собой. Между ними создан постоянный вакуум.

Противошумные наушники с помощью оголовья 1 устанавливаются на голове человека, перекрывая органы слуха корпусом 2. Шум в виде звуковых потоков проходит через корпус 2, практически не теряя энергии, и далее попадает в слой звукопоглотителя 4, где частично поглощается, но только в узком диапазоне частот. Широкодиапазонный шум звукопоглотитель 4 не задерживает. Протектор 3 обеспечивает защиту органов слуха от широкодиапазонного шума благодаря постоянному вакууму внутри протектора 3. Тонкий слой вакуума исключает передачу звуковых колебаний от одного листа 5 к другому. Сохранение тонкого слоя вакуума объясняется тем, что существует равновесие сил избыточного атмосферного давления  $P_a$ , действующего на наружные слои листов 5, и сил отталкивания  $F$  между постоянными магнитами 6. Соосность расположения постоянных магнитов по отношению друг к другу объясняется их одинаковой и симметричной схемой расположения на внутренних сторонах листов 5. Вакуумный слой в протекторе 3 защищает органы слуха человека в широком диапазоне частот, т. е. ограждает человека от широкодиапазонного шума.

## Выводы

Показаны устройства защиты от шума на путях его распространения с использованием вакуума. Представлены достоинства и недостатки этих конструкций. Показана авторская разработка конструкции противошумных наушников с использованием постоянных магнитов, обеспечивающих создание тонкой вакуумной прослойки при отсутствии акустических мостиков. Кроме того, наличие постоянных магнитов в наушниках, создает положительный гигиенический эффект: магнитные поля снимают стрессовое состояние человека, улучшают его самочувствие.

## Список литературы

1. **Авторское свидетельство СССР 1270251.** Звукоизолирующий элемент / Боголепов И. И., Рыбакова Е. В. Оpubl. 15.11.1984. — Бюл. № 42.
2. **Боголепов И. И.** Вакуумные звукоизолирующие конструкции // Инженерно-строительный журнал. — 2008. — № 1. — С. 22–29.
3. **Meyer E.** Versuche uber Korperschalleitung (Schallbrucken), Akustische Zeitschrift. 1937. № 2.
4. **Авторское свидетельство СССР 727775.** Многослойное теплозвукоизоляционное ограждение / Дахин Г. К. и др. Оpubl. 15.04.1980. — Бюл. № 14.
5. **Патент 2479050 РФ.** Устройство с пониженным шумом и способ снижения шума / Эртль Михель. Оpubl. 10.04.2012. — Бюл. № 10.
6. **Патент 194893 РФ.** Противошумные наушники / Мурзинов В. Л., Мурзинов П. В., Мурзинов Ю. В. и др. Оpubl. 26.12.2019. — Бюл. № 36.

**V. L. Murzinov**, Professor of Department, e-mail: dr.murzinov@yandex.ru,  
**P. V. Murzinov**, Associate Professor, Head of Laboratory,  
**Yu. V. Murzinov**, Associate Professor, Voronezh State Technical University

## Protection against Noise on the Paths of its Propagation using a Vacuum Layer

*One of the most pressing problems of modern life is the protection from noise on the ways of its propagation. There are different methods and approaches. In this direction, various solutions to the problem were proposed. Among them, the method of applying a vacuum to protect against noise is distinguished. From the point of view of physics, a vacuum is an ideal environment that prevents the propagation of sound waves. Currently, the search for devices that use a vacuum layer to protect against noise continues.*

**Keywords:** noise, noise protection, vacuum, vacuum layer, permanent magnets, anti-noise headphones

## References

1. **Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 1270251.** Zvukoizoliruyushchij element / Bogolepov I. I., Rybakova E. V. Opubl. 15.11.1984. Byul. No. 42.
2. **Bogolepov I. I.** Vakuumnnye zvukoizoliruyushchie konstrukcii // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2008. No. 1. P. 22–29.
3. **Meyer E.** Versuche uber Korperschalleitung (Schallbrucken), Akustische Zeitschrift. 1937. No. 2.
4. **Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 727775.** Mnogoslojnoe teplozvukoizolyacionnoe ograzhdenie / Dahin G. K. et al. Opubl. 15.04.1980. Byul. No. 14.
5. **Patent 2479050 RF.** Ustrojstvo s ponizhennym shumom i sposob snizheniya shuma / Ertl' Mihel'. Opubl. 10.04.2012. Byul. No. 10.
6. **Patent 194893 RF.** Protivoshumnye naushniki / Murzinov V. L., Murzinov P. V., Murzinov Yu. V. et al. Opubl. 26.12.2019. Byul. No. 36.



УДК 616.89-008.441.33:613.83:613.94

**С. А. Кузьмин**, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,  
**Л. К. Григорьева**, ст. преподаватель кафедры, Оренбургский государственный  
медицинский университет

## Наркомания как медико-социальная проблема безопасности жизнедеятельности

*Рассмотрена проблема наркомании как медико-социальная проблема безопасности жизнедеятельности. Отмечено, что рост употребления психоактивных веществ и наркотических средств среди молодежи может приобрести характер эпидемии. Представлен положительный опыт, направленный на снижение доступности и спроса на наркотики, профилактику наркомании и распространения наркотизации среди населения.*

*В ходе проведения настоящего исследования были использованы статистические данные Росстата, МВД и Минздрава России и проведен анализ имеющихся показателей.*

**Ключевые слова:** наркомания, молодежная среда, токсикомания, вредные привычки, профилактические мероприятия

### Введение

В последние годы наблюдается рост употребления психоактивных веществ и наркотических средств, особенно среди молодежи. Влиянию со стороны различных рисков здоровью, таких как вредные привычки, в виде наркотизации, алкоголизации, табакокурения, наиболее подвержены лица молодого возраста. На сегодняшний день поведение подростков и молодежи зачастую несет риск, угрожающий социальному благополучию общества и самой личности.

Проблемой распространения наркомании в России занимаются все государственные, муниципальные, общественные структуры и требуется комплексный подход и межведомственное взаимодействие для ее решения.

Наркомания — страшный, коварный и безжалостный враг здоровья. Поиск путей решения проблемы наркомании в мире и в нашей стране является актуальным, требует принятия управленческих решений по сохранению и укреплению здоровья населения на государственном и муниципальном уровнях, разработки современных форм и методов работы медицинских организаций и учреждений системы здравоохранения, а также различных министерств и ведомств, занимающихся данной проблемой.

Цель исследования: оценить значение наркомании как фактора угрозы безопасности жизнедеятельности.

### Результаты и обсуждения

В настоящее время массовое приобщение населения многих стран к вредным привычкам можно расценить как болезнь цивилизации. Наиболее известны вредные привычки, наносящие вред здоровью: алкоголизм, курение, наркомания, токсикомания.

В последние годы прослеживается рост употребления психоактивных веществ и наркотических средств, особенно среди подростков и молодежи. Это явление приобретает характер эпидемии. На сегодняшний день поведение подростков зачастую несет риск, угрожающий социальному благополучию общества и самой личности [1].

Наркомания — общее название болезней, проявляющихся влечением к постоянному приему в возрастающих количествах наркотических лекарственных средств и наркотических веществ, вследствие стойкой психической и физической зависимости от них с развитием абстиненции при прекращении их приема. Она приводит к глубоким изменениям личности и другим расстройствам психики, а также к нарушениям функций внутренних органов [2]. Масштабы и темпы распространения данного заболевания в нашей стране значительны, они угрожают здоровью молодежи и ставят под угрозу социальную стабильность общества.

Мировая статистика по наркотикам говорит, что каждый двадцатый человек пробовал

наркотические препараты. Это примерно 250 миллионов человек. Из них 78 % — это уже наркоманы.

Число наркоманов, состоящих на учете в медицинских учреждениях в РФ, в течение последних 5 лет ежегодно составляет 420—460 тыс. человек [3]. Представленная статистика основана на официальных данных госучреждений. По мнению специалистов, реальная распространенность наркомании в России значительно выше. По статистическим данным МВД России, 96 % лиц, прибывших к наркомании, были вовлечены опытными наркоманами. По данным Министерства образования РФ, 90 % подростков приобщаются к употреблению наркотиков при общении с членами молодежных неформальных группировок, в составе которых имеются наркоманы, при этом каждый из них может вовлечь в наркоманию от 4 до 17 человек ежегодно.

В целом, согласно статистическим данным, из 144,5 млн человек населения России периодически употребляют психоактивные вещества (ПАВ) 13 млн человек, систематически употребляют ПАВ 5 млн человек.

Помимо скорости распространения наркомании обращает на себя внимание изменение возрастных рамок вовлекаемых лиц. Средний возраст людей, страдающих от наркозависимости, 16—18 лет. По данным статистики, в РФ 60 % от всех наркоманов составляют молодые люди в возрасте от 16 до 30 лет. Пятая часть — это дети школьного возраста от 9 до 13 лет. Если родители являются зависимыми, то зачастую к наркотикам приобщаются и 6—7-летние. И только менее 20 % наркоманов составляют люди в возрасте 30 лет. Цифра мала, потому что многие лица, которые начали употреблять наркотики в раннем возрасте, не доживают до 30-летнего возраста. Систематическое употребление наркотиков в течение 6 лет вызывает необратимые процессы в разрушении всего организма. Те, кто употребляет экстази или ЛСД, живут не более 3—4 лет, а героин и крэк — один год, наполненный кайфом в сочетании с ужасающей ломкой. Препараты с тяжелой наркотической зависимостью часто при передозировке провоцируют смерть. Поэтому необходим дифференцированный подход к профилактической, лечебной, а также реабилитационной работе.

Изменился и характер наркотизации. В настоящее время четко прослеживаются тенденции к полинаркотоксикомании, т. е. лица с алкогольной зависимостью также осваивают прием различных наркотиков, а наркоманы дополняют

эффект наркотического воздействия на организм приемом алкоголя. Мононаркозависимых больных практически не стало.

В арсенале поступающих на лечение в медицинские учреждения наркоманов прослеживается зависимость к 2, а иногда и более чем 3—4 психоактивным веществам (ПАВ). Они могут принимать их последовательно, переходя от более слабых веществ к более сильным или новым для них, а чаще комбинируя, дополняя эффект одних веществ другими. Из этого можно сделать вывод, что традиционный подход к лечению этих больных должен изменяться в сторону увеличения объема психологической и психотерапевтической помощи, зачастую включения в лечебный процесс семьи и родственников. Работа с больными должна предусматривать отказ от всех видов употребляемых наркотиков, а там, где наблюдаются симптомы алкогольный зависимости, — лечение от алкоголизма [4].

Психологические причины развития наркомании еще называют социальными, к ним можно отнести, например семейные проблемы. Это, как и недостаток, так и избыток родительской любви, когда ребенка чрезмерно опекают, не давая ему возможности самостоятельно развиваться. Избалованность детей, как и семейная тирания, рукоприкладство в семье, также могут повлиять на поведение ребенка, и он будет искать утешение в наркотиках. Эта ситуация может развиваться и в случаях недостаточного воспитания детей в области знаний о вреде сигарет, алкоголя и наркотиков.

Причиной начала употребления наркотиков иногда становится простое любопытство перед новыми ощущениями. Причиной может стать стремление достичь интеллектуального и творческого успеха. Обычно этими поступками оправдываются образованные и творческие люди, которые считают, что наркотики дадут им возможность сделать новые открытия, или даже провести эксперименты над самим собой.

Также причинами могут быть непринятие семейных, общественных, государственных устоев в силу юношеского максимализма и индивидуальных личностных качеств; внутренняя недисциплинированность, отсутствие ответственности за свои поступки, неудовлетворенность самим собой, ощущение тревоги и несчастья, скука, неуверенность в себе и в своем будущем, страх, незащищенность. Немаловажную роль играет окружение: просыпается желание быть похожим на других, тех, кто уже употребляет наркотические средства.



К социальным причинам наркомании можно отнести и такие проблемы государства, как влияние западной культуры, кризис ценностей в современном обществе, отсутствие цензуры в источниках информации, скрытая пропаганда аморального поведения, отсутствие эффективной пропаганды здорового образа жизни.

Все ПАВ примерно одинаково действуют на мозговые структуры, которые обобщенно называются в нейрофизиологии как "центр удовольствия" (ЦУ). Другие раздражители не могут конкурировать по скорости достижения эффекта с наркотиками, и без них у человека возникает чувство физического и психического дискомфорта, который требует новой и новой дозы. Это уже болезнь мозга, которая парализует самоконтроль, самоанализ и волю. Личность человека становится дезорганизованной, неспособной самостоятельно выйти из этого состояния. Задача лечебно-реабилитационной работы — обеспечить на длительное время отказ от любых наркотиков.

Результат лечения наркозависимых лиц — это длительный процесс совместных усилий самого пациента, его семьи, родственников, близкого окружения, специалистов в этой области по их грамотному вовлечению в лечебно-реабилитационный процесс.

Человек, который не удержался от соблазна попробовать наркотики, может быстро обрести зависимость от них. Но у того, у кого сохранился или возник в процессе лечения инстинкт самосохранения и появилось желание вылечиться, кому грамотно и самоотверженно помогают специалисты и близкие люди, имеется хороший шанс для излечения.

Проблема распространения наркомании в России затронула все государственные, муниципальные, общественные структуры и требует комплексного подхода и межведомственного взаимодействия для ее решения. Ценным является каждый положительный опыт, направленный на снижение доступности и спроса на наркотики, профилактику наркомании и распространения наркотизации среди молодежи.

Программа профилактики наркомании в России строится на мероприятиях, которые позволяют реализовать следующие конкретные задачи: осуществлять организационные и правовые меры противодействия злоупотреблению наркотическими средствами, их незаконному обороту; проводить целенаправленную профилактику, лечение и реабилитацию лиц, употребляющих

наркотические средства; пресекать незаконный оборот наркотических средств.

Совершенно очевидно, что только борьбой с группировками наркодельцов и перекрытием каналов поставки наркотиков проблему употребления наркотиков полностью не решить. Чтобы в максимальной степени снизить наркопреступность, прежде всего, надо организовать эффективную работу по профилактике наркомании [5].

В рамках осуществления профилактических мероприятий антинаркотической направленности важную роль приобретает не только первичная, но и вторичная, и третичная профилактика. Следует помнить, что они являются компонентами единой профилактической цепи и не могут рассматриваться изолированно друг от друга [6].

Первичная профилактика может осуществляться в отношении лиц, не имеющих опыта употребления наркотических средств и психотропных веществ, с целью предупреждения желания попробовать новые ощущения; вторичная — в отношении лиц, допускающих эпизодическое употребление наркотических и психотропных веществ с вредными последствиями для здоровья с целью предупреждения прогрессирования заболевания и направлена на полное прекращение дальнейшей наркотизации; третичная — в отношении больных с зависимостью от наркотических средств и психотропных веществ, которые прошли лечение с целью предупреждения дальнейшего употребления наркотических средств и психотропных веществ, а также уменьшения вреда здоровью от их употребления, оказания помощи больным в преодолении имеющегося заболевания, формирования стойкой ремиссии.

Для грамотной реализации антинаркотической профилактики необходимо определение и установление как объективно сопутствующих вовлечению в употребление наркотиков и заболеванию наркоманией факторов, так и субъективной составляющей, что возможно в большей мере установить с помощью анализа результатов социологических исследований.

Отношение к проблеме наркомании можно рассматривать и через призму осознания такого медицинского аспекта, как наркотическая зависимость. Недопонимание осознания страшных последствий для здоровья наркотической зависимости, безразличное отношение к этому имеет достаточно тяжелые последствия и для самой личности, и для всего общества в целом, так как данная зависимость негативно изменяет человека психически и соматически, меняет саму

личность человека как участника социальных отношений.

Настораживает тот факт, что лица, которые пробовали, но перестали употреблять наркотики, или те, кто употребляют наркотики время от времени, полагают, что от наркомании при желании можно легко вылечиться. В отношении таких лиц необходимо проводить соответствующие профилактические мероприятия антинаркотической направленности, которые будут ориентированы на формирование личности, способной противостоять вовлечению в наркопотребление путем разъяснения пагубности наркомании и неизлечимости этого заболевания.

Показали свою эффективность такие профилактические мероприятия, как выступления бывших наркоманов. Такой опыт следует использовать именно при вторичной и третичной профилактике, в противном случае это может негативно сказаться на молодом поколении. Подростки, которые являются наиболее уязвимой частью населения для наркомании, могут неправильно воспринять данные мероприятия и посчитать, что можно употреблять наркотики, а потом с легкостью бросить.

Наиболее эффективными антинаркотическими мероприятиями являются публикации в интернете, тематические программы и фильмы, а также выступления в средствах массовой информации известных людей. Необходимо подключить социальную рекламу, которая сможет донести до общества, что наркомания — это действительно бич всего человечества, что она касается всех членов нашего общества.

При вторичной профилактике велика роль медицинских работников и других специалистов, а также государства и средств массовой информации, которые способны адекватно и объективно освещать информацию о симптоматике употребления психоактивных веществ, о пагубности этого, о последствиях, о преимуществах здорового образа жизни. При этом информация будет ориентирована на различные группы объектов. Это необходимо учесть в рамках направления воздействия на исследуемую группу лиц, в целях комплексного формирования их личностного потенциала при осуществлении мер по их реабилитации.

Не существует универсального метода решения проблемы наркомании в России, нужно применить комплекс мер по сокращению распространения этой социальной проблемы в нашей стране. Необходимо жесткое государственное регулирование данной проблемы [7].

Целесообразно проводить проверки всех школьников и студентов на пристрастия к наркотикам, так как именно в этом возрасте появляется склонность к их употреблению. Важна просветительская деятельность, касающаяся вреда наркотиков.

В настоящее время моделями профилактической работы являются следующие: образовательная, которая включает в себя программу формирования устойчивого стереотипа здорового образа жизни и формирования осознанного отказа от употребления наркотиков; психосоциальная, которая направлена на развитие психологических навыков противостояния и решения различных конфликтных ситуаций, на выбор правильных действий в сложных ситуациях; медицинская, которая ориентирована на медико-социальные последствия приобщения к наркотикам, влияния их на физическое, психическое и духовное здоровье, на увеличение количества реабилитационных центров.

Учитывая организационные и практические меры антинаркотической профилактической направленности, принимаемые всеми субъектами государственных органов, в перспективе будет наблюдаться тенденция оздоровления наркоситуации и снижения наркопораженности населения. Это связывают с повышением уровня жизни и пропагандой здорового образа жизни.

В ближайшем будущем в сфере незаконного оборота наркотиков будут преимущественно использоваться возможности сети Интернет. Это связано с тем, что высокий спрос на наркотические средства делает привлекательным преступный бизнес, связанный со сбытом наркотиков с использованием телекоммуникационных систем. Сложная экономическая ситуация в стране, возможность быстрого и легкого заработка, а также уверенность в безнаказанности ввиду бесконтактного метода распространения наркотиков, позволяют без проблем вербовать закладчиков наркотиков из подростковой и молодежной среды.

**Выводы.** Наркомания — страшный, коварный и безжалостный враг здоровья. Существует лишь один способ избежать наркомании — никогда не пробовать наркотики. А для тех, кто уже попал в сети, самым хорошим советом будет не считать наркоманию непобедимой. Наркоман, желающий избавиться от своего пагубного пристрастия, должен прилагать душевные, волевые и интеллектуальные усилия. Только тогда можно расстаться с наркотиками навсегда.

Наркомания является причиной низкой продолжительности жизни, высокой смертности,



низкого уровня здоровья и трудоспособности, моральной и нравственной деградации населения. Эта причина занимает ведущие позиции в рейтинге угроз безопасности России наряду с коррупцией, организованной преступностью, социальным расслоением, угрозой вооруженных конфликтов и терроризмом. Понимание этого может способствовать преодолению распространения наркомании в нашем обществе.

### Список литературы

1. Гибадуллина А. В., Рычкова Л. С., Махнина Н. И. Аспекты комплексного межведомственного взаимодействия по профилактике наркотизма и наркомании среди молодежного контингента // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. — 2016. — № 4 (15). — С. 29—33.
2. Большая медицинская энциклопедия 2000. URL: [https://gufo.me/dict/medical\\_encyclopedia/%D0%9D%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://gufo.me/dict/medical_encyclopedia/%D0%9D%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (дата обращения 20.01.2021).

3. Доклады Государственного антинаркотического комитета о наркоситуации в России в 2017, 2018, 2019 годах. URL: [http://anpolitic.spb.ru/ru/DG\\_EXPERT\\_EVALUATION](http://anpolitic.spb.ru/ru/DG_EXPERT_EVALUATION) (дата обращения 20.01.2021).
4. Исмагулова Т. М., Абишева З. С., Жетписбаева Г. Д. и др. Проблема наркомании и пути решения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 11-5. — С. 903—905. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10556> (дата обращения 20.01.2021).
5. Егорова А. В., Юминов Э. А., Мисюкевич Н. Д. и др. Пропаганда распространения наркотиков, как социальная и медицинская проблема современного общества // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. — 2014. — № 1 (4). — С. 25—29.
6. Невирко Д. Д., Ступина С. А., Молоков В. В. Отношение к наркоситуации лиц с опытом наркопотребления и антинаркотическая профилактика (по результатам социологического исследования) // Вестник Сибирского юридического института ФСКН России. 2015. — № 1 (18). — С. 14—23.
7. Ишимова А. Е. Проблема наркомании в России // Молодой ученый. — 2015. — № 6.4 (86.4). — С. 48—52. URL: <https://moluch.ru/archive/86/16380/> (дата обращения 20.01.2021).

S. A. Kuzmin, Associate Professor, Professor of Chair, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru, L. K. Grigorieva, Senior Lecturer, Orenburg State Medical University

## Drug Addiction as a Medical and Social Problem of Life Safety

*The increase in the use of psychoactive substances and narcotic drugs among young people can become an epidemic, so the problem of the spread of drug addiction in Russia covers all state, municipal, and public structures and requires a comprehensive approach and interdepartmental cooperation to solve it. Measures are being taken to reduce the availability and demand for drugs, to prevent drug addiction and the spread of drug addiction among the population.*

*The number of drug addicts registered in medical institutions in the country has been at a stable constant level for the past 5 years and amounts to 420—460 thousand people. The presented statistics are based on official data on the work of state institutions. Experts say that the real prevalence of drug addiction in Russia is much higher. According to statistics of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 96 % of people who joined drug addiction were involved by experienced drug addicts. According to the Ministry of Education of the Russian Federation, 90 % of adolescents are involved in drug use when communicating with youth informal groups, which include drug addicts, and each of them involves 4 to 17 people in drug addiction annually.*

**Keywords:** drug addiction, youth environment, substance abuse, bad habits, preventive measures

### References

1. Gibadullina A. V., Rychkova L. S., Makhnina N. I. Aspects of complex interagency interaction for the prevention of drug and drug addiction among the youth contingent. *Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region*. 2016. No. 4 (15). P. 29—33.
2. Great Medical Encyclopedia 2000. URL: [https://gufo.me/dict/medical\\_encyclopedia/%D0%9D%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://gufo.me/dict/medical_encyclopedia/%D0%9D%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (date of access 20.01.2021).
3. Reports of the State Anti-Drug Committee on the drug situation in Russia in 2017, 2018, 2019. URL: [http://anpolitic.spb.ru/ru/DG\\_EXPERT\\_EVALUATION](http://anpolitic.spb.ru/ru/DG_EXPERT_EVALUATION) (date of access 20.01.2021).
4. Ismagulova T. M., Abisheva Z. S., Zhetpisbaeva G. D. et al. The problem of drug addiction and solutions. *International*

- Journal of Applied and Fundamental Research*. 2016. No. 11-5. S. 903—905; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10556> (date of access 20.01.2021).
5. Egorova A. V., Yuminov E. A., Misyukevich N. D. et al. Propaganda of the spread of drugs as a social and medical problem of modern society. *Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region*. 2014. No. 1 (4). P. 25—29.
6. Nevirko D. D., Stupin S. A., Molokov V. V. Attitude to the drug situation of persons with drug use experience and anti-drug prevention (based on the results of a sociological study). *Bulletin of the Siberian Law Institute of the Federal Drug Control Service of Russia*. 2015. No. 1 (18). P. 14—23.
7. Ishimova A. E. The problem of drug addiction in Russia / A. E. Ishimova. *Young scientist*. 2015. No. 6.4 (86.4). P. 48—52. URL: <https://moluch.ru/archive/86/16380/> (date of access 20.01.2021).

УДК 577-4

**Б. С. Ксенофонтов**, д-р техн. наук, проф., e-mail: kbsflot@mail.ru,  
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

## Физико-химические способы очистки шахтных и поверхностных вод

*Рассмотрены вопросы очистки шахтных и поверхностных вод. Показано, что применение того или иного метода должно основываться на учете компонентного состава и требований, которые должны удовлетворять нормативным требованиям. Важное значение имеет извлечение железа до требуемых нормативных значений. На основании проведенных экспериментальных исследований показано, что физико-химические способы гарантируют достижение нормативных требований качества очищенных как шахтных, так и поверхностных вод.*

**Ключевые слова:** очистка, шахтные и поверхностные воды, физико-химические способы, фло-тоотстойники, тяжелые металлы

Для более широкого анализа и использования сведений о методах очистки техногенных вод, среди которых шахтные воды являются важным видом, рассмотрим эту проблему очистки в целом [1].

Известно, что для шахтных вод характерны повышенная природная минерализация (от 2 до 10 г/л, в отдельных случаях свыше 20 г/л), бактериальная загрязненность, значительное содержание взвешенных веществ (от 20 до 500 мг/л), наличие нефтепродуктов и микрокомпонентов — тяжелых металлов, опасных и токсичных химических элементов и соединений, что делает невозможным их использование без специальной очистки и деминерализации. В то же время по данным работ [1, 2] наиболее распространенными загрязнителями техногенных вод считаются хлористые соединения и свободная серная кислота, которой сопутствуют растворимые соли, главным образом сульфаты тяжелых металлов (ТМ). Следует отметить, что образующиеся стоки часто находятся за пределами санитарной зоны предприятий и могут при этом сбрасываться в поверхностные водные объекты преимущественно без очистки [1].

В последнее время ужесточение экологической политики государства способствовало строительству очистных сооружений практически на всех предприятиях. Однако качество очищенных вод по многим показателям не соответствует требуемым нормативам [1]. Особо вредными среди загрязнений являются тяжелые металлы.

На различных предприятиях превышения ПДК загрязнений в воде после станций нейтрализации имеют разные значения. Сравнение концентраций металлов в потоках на входе и выходе станции нейтрализации с ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения показало, что в отдельных случаях до очистки загрязнение металлами превышает ПДК, например, по меди до 400 раз, по цинку до 100 и более раз, по железу примерно до 150 раз. Эффективность очистки колеблется по разным металлам от 70 до 95 %, что свидетельствует о том, что очищенные воды остаются источниками поступления тяжелых металлов в поверхностные водоемы.

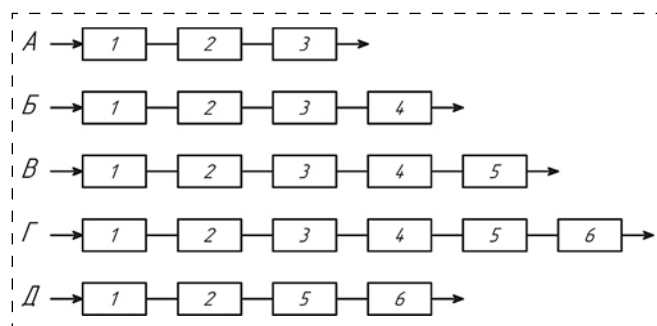
Тяжелые металлы попадают в природные воды с дождевой водой, фильтрующейся через отвалы (подотвальная вода), а также при авариях различных установок и хранилищ. Для подземных вод большое значение имеет закачка отходов в скважины, шахты и шурфы. Через "окна" в водоупорном слое загрязненные воды могут стекать в открытый водоем и проникать в водоносный горизонт. Может протекать и обратный процесс, когда ТМ мигрируют с подземными водами и через такие же "окна" попадают в открытый водоем [1]. Из сказанного выше можно сделать вывод, что к загрязнению поверхностных водных объектов тяжелыми металлами (ТМ) приводит совокупность описанных процессов [1].

Выбор оптимальных технологических схем переработки кислых техногенных вод горно-обогатительных предприятий с извлечением из них тяжелых металлов — сложная задача, связанная с необходимостью сочетания различных

методов. Применение того или иного метода должно основываться на учете компонентного состава и требований, которым должны удовлетворять промышленные воды при их сбросе в водоемы — ПДС (предельно допустимые сбросы) и ПДК (предельно допустимые концентрации веществ) и требований, которым должны удовлетворять получаемые продукты для эффективной утилизации без потерь металла [1–12].

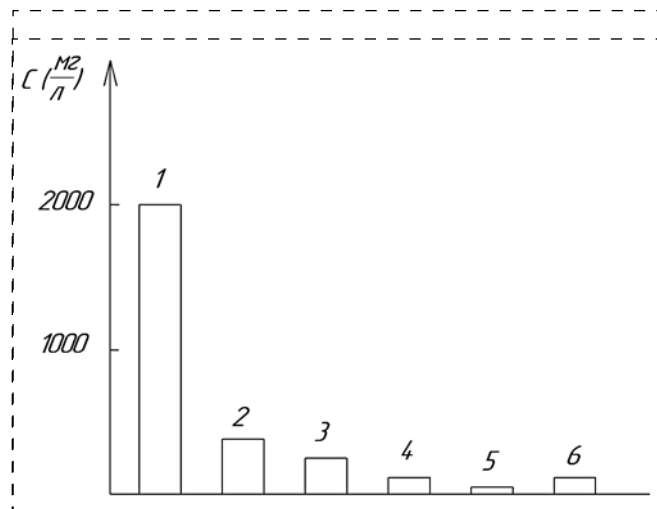
Анализ способов физико-химической обработки шахтной воды показывает, что в отдельных случаях достигается высокая эффективность очистки, в частности по взвешенным веществам (рис. 1). Эффективность зависит от вида обработки и, как правило, с увеличением числа стадий возрастает.

Анализ полученных данных показывает (рис. 2), что в случае многоступенчатой обработки



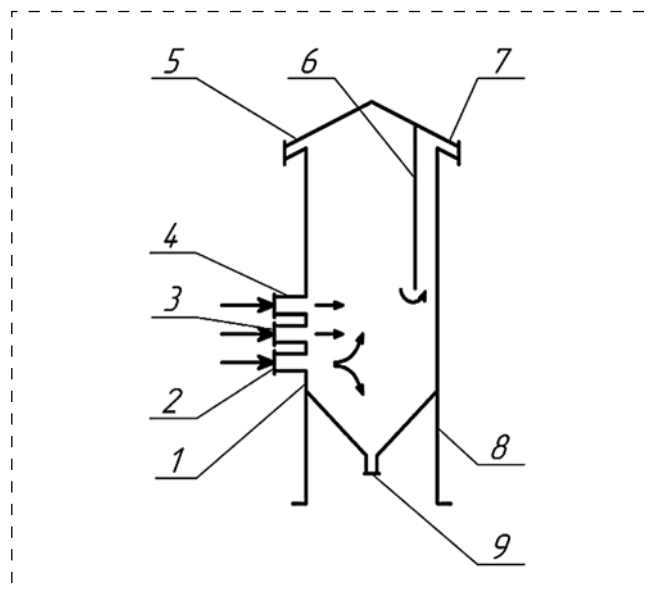
**Рис. 1. Принципиальные схемы очистки шахтных вод (А, Б, В, Г, Д):**

1 — механическая очистка (песколовка, отстойник); 2 — корректировка pH; 3 — флотационная очистка; 4 — электрохимическая очистка; 5 — адсорбционная очистка; 6 — мембранная очистка



**Рис. 2. Зависимость остаточной концентрации  $C$  взвешенных веществ (усредненные данные) в осветленной шахтной воде от условий обработки воды:**

1 — без обработки (контроль); 2 — по варианту А; 3 — по варианту Б; 4 — по варианту В; 5 — по варианту Г; 6 — по варианту Д

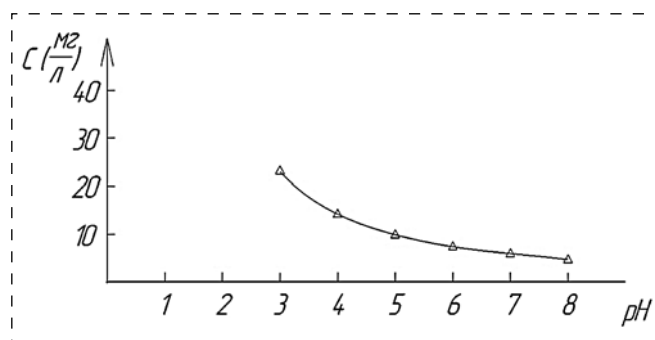


**Рис. 3. Схема флотоотстойника для обработки шахтной воды:** 1 — корпус флотоотстойника; 2 — патрубок для подачи рабочей жидкости; 3 — патрубок подачи раствора реагента; 4 — патрубок подачи исходной воды; 5 — патрубок вывода пенного продукта; 6 — полупогружная перегородка; 7 — патрубок отвода очищенной воды; 8 — стойка; 9 — патрубок вывода осадка

шахтной воды можно достигнуть высокой степени очистки воды, в том числе по взвешенным веществам.

При этом с использованием флотоотстойника (рис. 3) достигается и высокий эффект очистки воды от железа (рис. 4). При этом, как и следовало ожидать, эффект очистки существенно зависит от значения pH, при котором осуществляется обезжелезивание воды. Полученные данные указывают на эффективность предлагаемого подхода.

Исследование механизма образования гидрооксида железа и определение оптимальных условий для его образования необходимо знать для правильного подбора оборудования и создания условий для эффективного извлечения ионов металлов из поверхностных сточных вод.



**Рис. 4. Зависимость остаточного содержания железа  $C$  в обработанной во флотоотстойнике шахтной воде от pH**

Исследование процесса гидролиза железа проводилось в специальном резервуаре с аэрацией сжатым воздухом. Исходная концентрация в воде железа составила 2,89 мг/л.

### Результаты экспериментов

Процесс аэрирования воды происходил в специальной емкости объемом 1 л в течение определенного промежутка времени  $t = 30 \dots 90$  мин, а затем после отстаивания при помощи колориметра определяли концентрацию железа.

Полученные данные можно представить в виде графика, который показывает, что концентрация железа (общего) в воде уменьшается с увеличением времени аэрирования (рис. 5). Эти данные свидетельствуют о том, что при времени аэрирования  $t = 90$  мин концентрация железа в воде снижается до близкой к предельно допустимому значению для выброса поверхностных сточных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения. Если увеличивать время аэрации, то можно получить концентрации, которые удовлетворяют необходимым требованиям. Однако сразу возникает проблема с размерами оборудования, так как увеличение времени

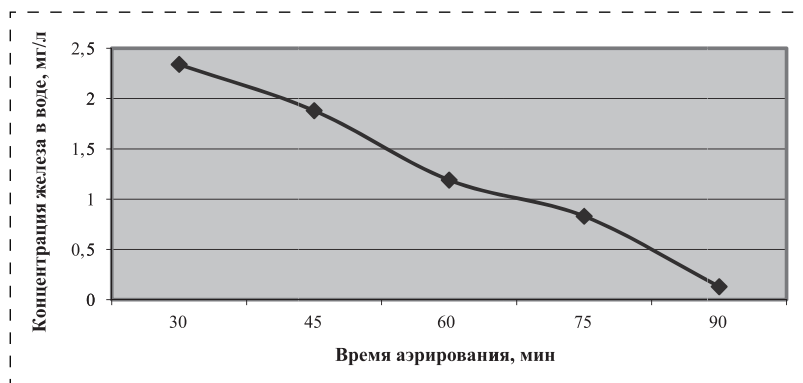


Рис. 5. Зависимость концентрации железа в воде от времени аэрирования

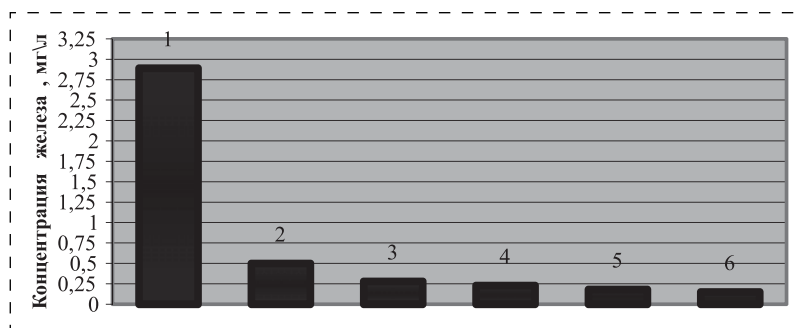


Рис. 6. Зависимость концентрации железа в воде от времени аэрирования при фильтровании через слой кварцевого песка постоянной высоты (4 см): 1 — исходная проба; 2 —  $t = 30$  мин; 3 —  $t = 45$  мин; 4 —  $t = 60$  мин; 5 —  $t = 75$  мин; 6 —  $t = 90$  мин

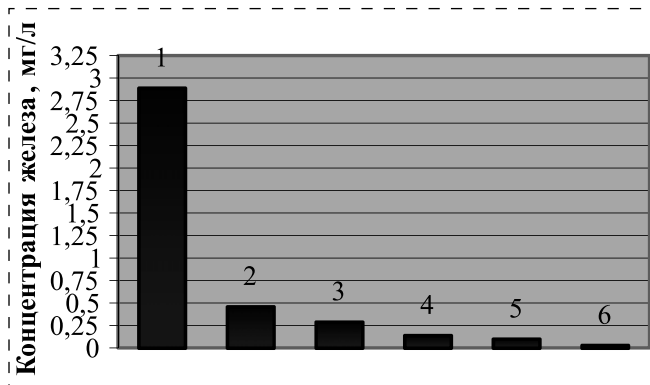


Рис. 7. Зависимость концентрации железа в воде от времени аэрирования при фильтровании через слой активированного угля постоянной высоты (4 см): 1 — исходная проба; 2 —  $t = 30$  мин; 3 —  $t = 45$  мин; 4 —  $t = 60$  мин; 5 —  $t = 75$  мин; 6 —  $t = 90$  мин

аэрирования ведет к увеличению размеров оборудования. Поэтому следующий этап экспериментальных исследований заключался в подборе наиболее эффективного фильтрующего материала. В качестве фильтрующих материалов использовались те, которые являются недорогими, общедоступными и часто используемыми в практике водоочистки. Этими материалами были кварцевый песок и активированный уголь.

Фильтрование через слой кварцевого песка толщиной 4 см дало результаты, представленные на рис. 6.

Полученные данные свидетельствуют о том, что независимо от времени аэрирования концентрация железа в поверхностном стоке после фильтрования через слой кварцевого песка не достигает предельно допустимой концентрации ( $\text{ПДК}_{\text{Fe}} = 0,1 \text{ мг/л}$ ).

Фильтрование через слой активированного угля толщиной 4 см дало результаты, представленные на рис. 7. Полученные данные свидетельствуют о том, что концентрация железа в поверхностном стоке после фильтрования через слой активированного угля толщиной 4 см достигает предельно допустимых значений при времени аэрирования воды 75 и 90 мин.

Далее были проведены опыты по фильтрованию воды через слой кварцевого песка толщиной 0,5 м. На рис. 8 представлены результаты этого эксперимента.

Концентрация железа в воде достигает значения ПДК при аэрировании воды

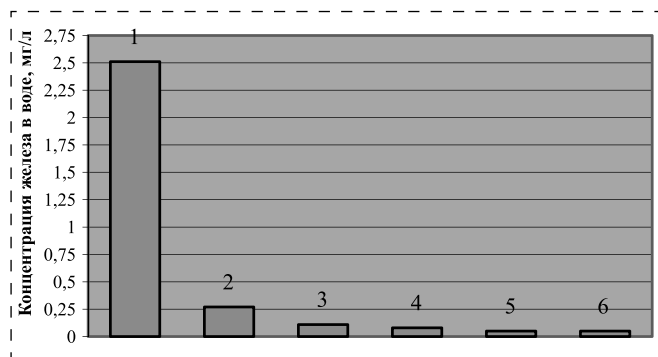


Рис. 8. Зависимость концентрации железа в воде от времени аэрирования при фильтровании через слой кварцевого песка постоянной высоты (0,5 м):

1 — исходная проба; 2 —  $t = 30$  мин; 3 —  $t = 45$  мин; 4 —  $t = 60$  мин; 5 —  $t = 75$  мин; 6 —  $t = 90$  мин

в течение 45 и 60 мин и фильтрование через слой кварцевого песка толщиной 0,5 м. Однако аэрирование в течение такого промежутка времени является затруднительным вследствие необходимости установки оборудования больших размеров. Поэтому более рациональным следует считать аэрирование воды, которое может осуществляться во флотомашине в течение более коротких промежутков времени, а затем фильтрование через двойную загрузку, включающую слой кварцевого песка толщиной 0,5 м и более тонкий слой активированного угля для доочистки воды от железа до ПДК.

Таким образом, разработан способ очистки поверхностных сточных вод от ионов металлов (железа) с применением аэрирования и дальнейшим фильтрованием. При этом определены режимы аэрирования и фильтрования воды для достижения ПДК железа в очищенной воде.

## Список литературы

1. Ксенофонов Б. С. Очистка техногенных вод с использованием флотокомбайнов. — Тверь: Тверской госуниверситет, 2020. — 154 с.
2. Ксенофонов Б. С., Шуленина З. М., Багров В. В., Десятов А. В. и др. Вода техногенная: проблемы, технологии, ресурсная ценность. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. — С. 102–144.
3. Ксенофонов Б. С. Водоподготовка и водоотведение. — М.: Изд. дом "Форум": ИНФРА-М, 2018. — 298 с.
4. Ксенофонов Б. С. Обработка осадков сточных вод. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 262 с.
5. Максимович Н. Г. и др. Очистка шахтных вод Кизеловского угольного бассейна с использованием отходов ОАО "Березниковский содовый завод" // Экологические проблемы и здоровье населения Верхнекамья. Материалы науч. практ. конф. (7–9 октября, г. Березники). — Пермь, 2002. — С. 94–97.
6. Комашенко В. И., Голик В. И., Леонов И. В. Горное дело и окружающая среда: Учебное пособие для вузов. — М.: Академический проект, 2011. — 210 с.
7. Певзнер М. Е. Горная экология: Учебное пособие для вузов. — М.: Издательство Московского государственного университета, 2003. — 395 с.
8. Абдрахманов Р. Ф., Ахметов Р. М. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды башкирского зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Геологический сборник. — 2007. — № 6. — С. 266–269.
9. Емельяненко Е. А. Формирование зоны техногенеза предприятиями медедобывающего комплекса Южного Урала // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы Междунар. науч.-техн. конференции. — Екатеринбург, 2004. — С. 159–162.
10. Шадрюнова И. В., Орехова Н. Н. Извлечение цветных металлов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика. — М.: Изд-во ИПКОН РАН, 2009. — 215 с.
11. Селицкий Г. А. Технологическая схема очистки карьерных и подотвальных вод // Экология производства. — 2005. — № 9. — С. 83–87.
12. Богдановский Г. А. Химическая экология: Учебное пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1994. — 237 с.

**B. S. Ksenofontov**, Professor, e-mail: kbsflot@mail.ru; Bauman Moscow State Technical University, Moscow

## Physicochemical Methods of Mine and Surface Water Treatment

*The paper deals with the issues of purification of mine and surface waters. It is shown that the application of one method or another should be based on taking into account the component composition and requirements that must be met by regulatory requirements. The extraction of iron to the required standards is of great importance. On the basis of the conducted experimental studies, it was shown that physicochemical methods guarantee the achievement of regulatory requirements for the quality of treated both mine and surface waters.*

**Keywords:** treatment, mine and surface waters, physicochemical methods, flotation ponds, heavy metals

## References

1. **Ksenofontov B. S.** Ochistka tekhnogennykh vod s ispol'zovaniem flotokombajnov. Tver': Tverskoj gosuniversitet. 2020. 154 p.
2. **Ksenofontov B. S., Shulenina Z. M., Bagrov V. V., Desyatov A. V.** i dr. Voda tekhnogennaya: problemy, tekhnologii, resursnaya cennost'. Moscow: Izd-vo MGTU Bauman, 2015. P. 102—144.
3. **Ksenofontov B. S.** Vodopodgotovka i vodootvedenie. Moscow: Izd. dom "Forum": INFRA-M, 2018. 298 p.
4. **Ksenofontov B. S.** Obrabotka osadkov stochnykh vod. Moscow: INFRA-M, 2019. 262 p.
5. **Maksimovich N. G.** i dr. Ochistka shahtnykh vod Kizelovskogo ugol'nogo bassejna s ispol'zovaniem othodov OAO "Bereznikovskij sodovyj zavod". *Ekologicheskie problemy i zdorov'e naseleniya Verhnekam'ya. Materialy nauch. prakt. konf. (7—9 oktyabrya g. Berezniki)*. Perm', 2002. P. 94—97.
6. **Komashchenko V. I., Golik V. I., Leonov I. V.** Gornoe delo i okruzhayushchaya sreda: Uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: Akademicheskij proekt, 2011. 210 p.
7. **Pevzner M. E.** Gornaya ekologiya: Uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2003. 395 p.
8. **Abdrahmanov R. F., Ahmetov R. M.** Vliyanie tekhnogeneza na poverhnostnye i podzemnye vody bashkirskogo zaural'ya i ih ohrana ot zagryazneniya i istoshcheniya // *Geologicheskij sbornik*. 2007. № 6. P. 266—269.
9. **Emel'yanenko E. A.** Formirovanie zony tekhnogeneza predpriyatiyami mededobyvayushchego kompleksa Yuzhnogo Urala // *Nauchnye osnovy i praktika pererabotki rud i tekhnogennogo syr'ya: Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konferencii*. Ekaterinburg, 2004. P. 159—162.
10. **Shadrunkova I. V., Orekhova N. N.** Izvlechenie cvetnykh metallov iz gidro-mineral'nykh resursov: teoriya i praktika. Moscow: Izd-vo IPKON RAN, 2009. 215 p.
11. **Selickij G. A.** Tekhnologicheskaya skhema ochistki kar'ernykh i podotval'nykh vod // *Ekologiya proizvodstva*. 2005. № 9. P. 83—87.
12. **Bogdanovskij G. A.** Himicheskaya ekologiya: Uchebnoe posobie. Moscow: Izd-vo MGU, 1994. 237 p.

УДК 504.4.504

**С. Н. Гладких**, канд. техн. наук, доц., e-mail: gl\_svetlana53@mail.ru,  
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,  
Великий Новгород

## Регенерация растворов и электролитов — кардинальный путь к решению экологических проблем

*Отмечено, что отработанные растворы и электролиты составляют большую долю в стоках, поступающих от гальванических цехов и участков. Уменьшить или полностью исключить сброс таких стоков в канализацию позволит их регенерация. Рассмотрен процесс железнения, который широко используется на ремонтных заводах для восстановления изношенных деталей. Представлена технология регенерации окисленного хлористого электролита железнения с использованием электронообменного полимера ЭО-7. Предлагаемая технология позволит повысить качество гальванопокрытий, снизить затраты электроэнергии и материалов, улучшить условия труда, снизить загрязнение водного и воздушного бассейна вредными выбросами.*

**Ключевые слова:** хлористый электролит, регенерация, железнение, загрязнение водного и воздушного бассейна, условия труда, электронообменный полимер

### Введение

Одной из наиболее значимых экологических проблем, связанной с технологическими процессами гальванического производства, является образование высококонцентрированных и высокотоксичных отработанных технологических растворов и электролитов. Отсутствие должного внимания к этому вопросу приводит к тому, что в сети городской канализации, а далее через очистные сооружения в водоемы сбрасываются токсичные загрязнения в десятки и сотни раз

выше допустимых концентраций для нормальной жизни животного и растительного мира водной среды.

Регенерация отработанных растворов и электролитов гальванопроизводств является кардинальным решением экологических проблем, так как она позволяет многократно использовать отрегенерированный раствор. При непрерывной регенерации рабочий раствор циркулирует в системе "основная ванна — регенерируемая установка", что обеспечивает значительное увеличение срока службы раствора и существенно сокращает



количество химикатов, расходуемых на корректировку и приготовление свежего рабочего раствора, а также на обезвреживание залповых сбросов. Таким образом, регенерацию можно считать наиболее значимым методом в технологии обработки концентрированных растворов.

Для восстановления изношенных деталей машин и механизмов широкое применение нашло железнение с использованием хлористого электролита. Недостаток этого электролита — склонность к образованию гидроокиси, которая отрицательно влияет на качество покрытия. Необходим надежный способ регенерации, который устранил этот недостаток.

**Цель исследования:** разработать способ регенерации окисленного хлористого электролита железнения с использованием электронообменного полимера.

### Результаты и обсуждение

**Железнение.** Более 85 % деталей тракторов, автомобилей и технологического оборудования различного рода производств выбраковывают при износе до 0,3 мм. Большинство таких деталей целесообразно восстанавливать нанесением гальванических покрытий, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с другими способами восстановления: отсутствие термического воздействия на деталь, которое вызывает в ней нежелательные изменения структуры и механических свойств; получение покрытий с высокой точностью заданной толщины, что позволяет уменьшить до минимума припуск на последующую механическую обработку или совсем исключить ее; осаждение покрытий с заданными постоянными по толщине физико-механическими свойствами; одновременное восстановление большого числа деталей (в ванну загружают десятки деталей), что снижает трудоемкость и себестоимость восстановления единицы изделия; возможность автоматизации процесса [1].

При восстановлении изношенных деталей из гальванических покрытий чаще всего применяют железнение, реже — хромирование, цинкование и никелирование. Железнение получило широкое распространение при восстановлении деталей с износом от нескольких микрометров до 1,5 мм на сторону. Производительность процесса железнения примерно в 10 раз выше, чем при хромировании. Средняя скорость осаждения металла составляет 0,72...1 мкм/с, а выход металла по току равен 80...95 % [1].

При железнении по сравнению с другими гальваническими технологиями, например с хромированием, не требуется дорогостоящих очистных сооружений, не создаются вредные для здоровья условия труда, весьма проста утилизация отходов производства, уменьшено электропотребление, используются более дешевые химикаты и др. [2].

**Электролиты железнения.** Эти электролиты по составу делят на три группы, которые различаются видом аниона соли железа: хлористые, сернокислые и смешанные (сульфатно-хлористые). Сернокислые электролиты по сравнению с хлористыми менее химически агрессивны и устойчивы к окислению. Однако они уступают хлористым электролитам по производительности, качеству получаемых покрытий и другим показателям [1].

Поэтому для процесса железнения наибольшее применение получили хлористые электролиты, отличающиеся высокой концентрацией солей, большой скоростью наращивания железа и возможностью получения покрытий с большой толщиной. Эти электролиты получили применение на автомобильных и других заводах для восстановления размеров на деталях, получивших большой износ.

Одним из немногих недостатков железнения является чувствительность осадков к изменению состава электролита. Поэтому необходимо постоянно следить за его составом.

Известно, что одним из основных факторов, влияющих на качество покрытий при восстановлении изношенных деталей железнением, является накопление в электролите ионов  $\text{Fe}^{3+}$ .

При содержании  $\text{Fe}^{3+} = 0,2...0,4$  г/л число бракованных деталей составляет 2...5 %, а при содержании  $\text{Fe}^{3+} = 1,6...2,0$  г/л — 30...45 % [2]. Поэтому способы регенерации хлористых электролитов железнения должны предусматривать, прежде всего, избавление от ионов  $\text{Fe}^{3+}$ .

На стабильность процесса железнения и однородность свойств получаемых покрытий благоприятно влияет устойчивость электролита к окислению, образованию гидроокиси. Решающее влияние на процесс гидратообразования оказывает присутствие в электролите ионов  $\text{Fe}^{3+}$  [2].

Известно, что ионы  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  могут находиться в растворе хлористого железа в любом соотношении концентраций, не взаимодействуя друг с другом. Но в присутствии восстанавливающего агента ион  $\text{Fe}^{3+}$  реагирует с ним, стремясь к наиболее устойчивой степени окисления, т. е. к двухвалентному состоянию  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ .

Наличие в электролите железа только в виде двухвалентных ионов обеспечило бы наилучшие

условия для осаждения железа, так как присутствие трехвалентного железа уменьшает выход по току и ухудшает качество покрытий [2]. Однако равновесие в системе нарушается процессами окисления ионов  $\text{Fe}^{2+}$  кислородом воздуха, диффундирующим в электролит через поверхность раздела воздух—жидкость (зеркало ванны). Окисление происходит во всем объеме электролита.

По данным работ [2, 3] аскорбиновая, аминокислотная, щавелевая кислоты, сернистый калий, сернистый марганец, бикарбонат натрия, хлористый алюминий, иодистый калий, кремнефторид железа и пр. восстанавливают  $\text{Fe}^{3+}$  до  $\text{Fe}^{2+}$  и тем самым предотвращают выпадение гидроксида железа.

Общим недостатком перечисленных выше методов предохранения электролита от образования  $\text{Fe}^{3+}$  является применение химических веществ, многие из которых являются вредными, а также необходимость постоянного контроля и корректировки электролита по данным веществам.

При регенерации отработанных электролитов широко используют электрохимические, мембранные, реагентные и сорбционные методы, УФ-облучение, фильтрацию и др. [4].

#### Регенерации окисленного хлористого электролита железнения

Наибольшее распространение получил способ регенерации окисленного хлористого электролита железнением проработкой его током повышенной плотности при повышенной кислотности и увеличенной площади анодов [2].

При этом продолжительность регенерации зависит от концентрации  $\text{Fe}^{3+}$  и достигает 10 ч и более при концентрации более 4 г/л, что вызывает непроизводительные затраты рабочего времени, перерасход электроэнергии, материалов анодов и соляной кислоты на 15...20 %, интенсивное выделение в окружающую среду вредных веществ, что значительно ухудшает условия и безопасность обслуживающего персонала [5].

Было проведено исследование возможности регенерации окисленного хлористого электролита железнением с использованием электронообменного полимера ЭО-7 (ТУ-6-05-1358—84), представляющего собой продукт поликонденсации сульфированных гидрохинола и фенола с формальдегидом. Полимер ЭО-7 не горюч, не взрывоопасен, не токсичен. Его основные преимущества: возможность ведения реакции без введения в систему загрязняющих примесей; селективность процесса, основанная на постоянстве окислительно-восстановительного

потенциала самого полимера; химическая стойкость и воспроизводимость окислительно-восстановительной емкости полимера из цикла в цикл.

На основании проведенных исследований было получено приведенное ниже уравнение регрессии, описывающее зависимость эффективности восстановления  $F$  ионов  $\text{Fe}^{3+}$  до  $\text{Fe}^{2+}$  от температуры электролита  $T$ , °С; исходной концентрации  $\text{Fe}^{3+}$  в электролите  $C_0$ , г/л; продолжительности контакта электролита с полимером  $t$ , мин; размера гранул  $R$ , мм; отношения количества  $\text{Fe}^{3+}$  в электролите к восстановительной емкости определенной навески полимера  $a/b$ , г/г:

$$F = 0,732 + 0,0067T + 0,006825t + 0,01915C_0 - 0,29R - 0,77a/b.$$

Анализ уравнения показывает, что наиболее эффективно процесс восстановления протекает в области наибольших значений температур и количества восстановителя. Например, при  $T = 50$  °С,  $C_0 = 10$  г/л, соотношении электронообменного полимера : электролит 0,2:1 за 25 мин эффект восстановления составляет 98 %. Обращает на себя внимание высокая скорость восстановления  $\text{Fe}^{3+}$ , особенно в первые 3...5 мин, по истечении которых эффект восстановления достигает 90 %.

На основании проведенных исследований была разработана технологическая схема регенерации хлористых электролитов железнением, которая обеспечивает значительное увеличение срока службы раствора и существенно сокращает количество химикатов, расходуемых на корректировку и приготовление свежего рабочего раствора, а также на обезвреживание залповых сбросов.

Применение разработанного способа регенерации окисленного хлористого электролита железнением с использованием электронообменного полимера ЭО-7 позволит повысить качество гальванопокрытий, снизить затраты электроэнергии и материалов, связанные с проработкой электролита током, повысить степень использования оборудования, улучшить условия труда.

Предлагаемый способ регенерации позволит исключить сброс в канализацию концентрированных технологических растворов, составляющих значительную долю в сточных водах гальванического производства и обработка которых стала в настоящее время острой проблемой. От ее решения зависит общая экологическая обстановка в водоемах, куда поступают стоки.

Кроме того, применение предлагаемой технологии регенерации хлористых электролитов



железнения исключит загрязнение воздушного бассейна вредными выбросами.

### Заключение

Разработанная технология регенерации окисленного хлористого электролита железнения с использованием электронообменного полимера позволит повысить качество гальванопокрытий, снизить затраты электроэнергии и материалов, улучшить условия труда, снизить загрязнение водного и воздушного бассейна вредными выбросами.

Регенерация является кардинальным решением экологических проблем, возникающих в связи со сбросами концентрированных отработанных растворов и электролитов гальванических производств, так как позволяет восстанавливать работоспособность растворов и электролитов и многократно их использовать.

### Список литературы

1. **Процесс** гальванического наращивания (железнение). URL: <https://burforum.ru/tehprocessy/galvanicheskoe-narashchivanie-2.html> (дата обращения 31.03.2021).
2. **Мелков М. П., Швецов А. Н., Мелкова И. М.** Восстановление автомобильных деталей твердым железом. — М.: Транспорт, 1982. — 197 с.
3. **Гальванотехника:** Справочник / Под ред. А. М. Гинберга и др. — М.: Металлургия, 1987. — 736 с.
4. **Минаев Д. В., Синева А. Э., Филатова Е. Г.** Регенерация концентрированных электролитов гальванопроизводства // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития: сб. тр. Межд. конф. (Волгоград, 10 окт. 2015 г.). — Волгоград, 2015. — С. 195—196.
5. **Гладких С. Н.** Регенерация электролитов гальванического производства как один из путей нормализации экологической обстановки водоемов // Предупреждение. Спасение. Помощь: сб. материалов XXVII Межд. научно-практич. конф. Секция № 15 "Техносферные загрязнители и их идентификация в объектах окружающей среды" (Химки, 16 марта 2017 г.). — М.: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2017. — С. 17—19.

**S. N. Gladkikh**, Associate Professor, e-mail: [gl\\_svetlana53@mail.ru](mailto:gl_svetlana53@mail.ru), Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod

## Regeneration of Solutions and Electrolytes — Cardinal Way to Solve Environmental Problems

*Waste solutions and electrolytes make up a large proportion of the effluent coming from electroplating shops and sites. To reduce or completely eliminate the discharge of such effluents into the sewer system, their regeneration will allow. The ironizing process is widely used in repair plants to restore worn parts. For the process of ferruginization, the most widely used are chloride electrolytes that are prone to oxidation. The technology of regeneration of the oxidized ferruginous chloride electrolyte using the electron-exchange polymer EO-7 has been developed. Its main advantages: the ability to conduct the reaction without introducing contaminants into the system; the selectivity of the process, based on the constancy of the redox potential of the polymer itself; chemical resistance and reproducibility of the redox capacity of the polymer from cycle to cycle. The proposed technology will improve the quality of electroplating, reduce the cost of electricity and materials, improve working conditions, and reduce pollution of the water and air basin with harmful emissions.*

**Keywords:** electrolyte chloride, regeneration, ferruginization, water and air pollution, working conditions, electron exchange polymer

### References

1. **The process** of galvanic build-up (zheleznenie). URL: <https://burforum.ru/tehprocessy/galvanicheskoe-narashchivanie-2.html> (date of access 31.03.2021).
2. **Melkov M. P., Shvetsov A. N., Melkova I. M.** Restoration of automobile parts with solid iron. Moscow: Transport, 1982. 197 p.
3. **Electroplating** equipment. Guide / Ed. Ginberga A. M. et al. Moscow: Metallurgy, 1987. 736 p.
4. **Minaev D. V., Sinev A. E., Filatova E. G.** Regeneration of concentrated electrolytes of electroplating production.

*Technical sciences: trends, prospects and technologies of development: sat. tr. Inter. konfer. (Volgograd, October 10, 2015). Volgograd, 2015. P. 195—196.*

5. **Gladkikh S. N.** Regeneration of electrolytes of galvanic production as one of the ways to normalize the ecological situation of reservoirs. Salvation. *Help: collection of materials of the XXVII International Scientific and Practical Conference. Section No. 15 "Technospheric pollutants and their identification in environmental objects"* (Khimki, March 16, 2017). Moscow: FGBVOU VO AGZ EMERCOM of Russia, 2017. P. 17—19.

УДК 624.014.012.45:620.19:681.518.54

**В. П. Королёв**, д-р техн. наук, проф., e-mail: center\_sts@ukr.net,  
Приазовский государственный технический университет, Мариуполь, Украина

## Квалиметрические методы управления рисками технологической безопасности конструкций и сооружений промышленных объектов

*Приведены данные анализа современных требований промышленной безопасности для обеспечения инженерной защиты объектов повышенной опасности. Рассмотрены результаты исследований по проблеме выявления и продления ресурса работы конструкций и сооружений в условиях длительной эксплуатации. Сформулированы принципы рационального выбора и принятия решений по предотвращению аварий и чрезвычайных ситуаций техногенного характера.*

*Установлено, что обеспечение технологической безопасности на объектном уровне связано с регламентацией методов программно-целевого управления надежностью конструкций зданий и сооружений. Обоснован методический подход к оценке рисков технико-экономической защищенности с учетом квалиметрических показателей надежности. Произведена оценка интегрального показателя живучести для обоснования программ обеспечения надежности, ремонтпригодности и послеремонтной несущей способности конструкций и сооружений. Представлены практические примеры разработки стандартов предприятий для управления технологической безопасностью промышленных объектов.*

**Ключевые слова:** показатели надежности, технологическая безопасность, квалиметрические методы, оценка рисков, технико-экономическая защищенность, стандарт предприятия, конструкции и сооружения промышленных объектов

### Введение

В современных условиях децентрализации существует необходимость построения эффективной системы управления безаварийной эксплуатацией строительных конструкций зданий и сооружений (далее по тексту: конструкций и сооружений) промышленных объектов. Законодательными актами и нормативными документами регламентированы требования к поддержанию работоспособного состояния, техническому контролю и обслуживанию конструкций и сооружений. Особое место в государственной системе мер по устойчивому функционированию и развитию производственных комплексов занимают условия промышленной безопасности, связанные с идентификацией и оценкой рисков аварий и чрезвычайных ситуаций [1].

Впервые технические требования "строительства с экономически целесообразным числом разрушений" были сформулированы при возведении ДнепроГЭСа (1927 г.) инженером Н. Ф. Хоциаловым [2].

Постановку и решение вопросов обеспечения прочности, надежности, безопасности предлагалось выполнять путем назначения запасов прочности ответственных сооружений с учетом "неравномерностей строительного процесса":

- систематизации данных о неравномерности свойств материалов на основе стандартов предприятий;
- формирования нормативных требований к испытательным лабораториям;
- изучения факторов, влияющих на свойства конструкций в процессе изготовления;
- нормирования требований к определению нагрузок и выбору расчетных схем;
- становления специальной научной дисциплины по изучению аварийных ситуаций;
- объединения экспериментальных работ по испытанию конструкций;
- установления принципов компенсации строительной деятельности через страхование;
- согласования экономической целесообразности и положений общественной безопасности.

Несмотря на значительный промежуток времени с момента опубликования работы [2], проблема совершенствования методов, моделей, механизмов и практических мер многоуровневой системы регулирования безопасности по-прежнему актуальна и требует переосмысления с учетом новых экономических реалий. При этом, помимо важности системы показателей качества и надежности, ведущее значение для обеспечения безопасности промышленных объектов имеет методология выявления и предупреждения аварийных ситуаций. В первую очередь это относится к процедуре разработки и принятия решений административными структурами предприятий, специализированными и надзорными организациями в вопросах оценки и продления ресурса конструкций и сооружений.

Необходимость управления рисками связана со стратегией рационального выбора и реализации мер двуединой задачи экономической безопасности промышленных предприятий. С одной стороны, важным условием повышения конкурентоспособности является высвобождение финансовых ресурсов за счет снижения затрат при эксплуатации объектов повышенной опасности. Вместе с этим успешная модернизация производства невозможна без поддержания работоспособности и продления ресурса основных фондов, что требует концентрации дополнительных материально-технических ресурсов и научно-технического потенциала.

Научный подход к управлению рисками в настоящее время становится основой для успешной реализации бизнес-процессов на рынке товаров и услуг. С позиций понятия риск-менеджмента бизнес неразрывно связан с принятием допустимых рисков снижения эксплуатационных характеристик конструкций и сооружений за адекватное вознаграждение в виде прибыли. Таким образом, предотвращение аварийных ситуаций включает анализ внутренних факторов рисков (производственных и управленческих) с учетом стратегии технического обслуживания, технического состояния и динамики износа основных фондов. Следовательно, многокритериальный подход к обеспечению безопасности эксплуатации конструкций и сооружений может быть реализован за счет устранения неопределенности оценки технического состояния на основе ответственных управленческих решений в области допустимого риска. Поэтому эффективный собственник должен иметь соответствующий инструментарий для измерения, оценки и принятия решений

в соответствии с целями, задачами и условиями программы обеспечения надежности (ПОН) конструкций и сооружений.

Как показывает опыт зарубежных стран, новые концепции и принципы безопасности и надежности связаны с передовыми технологиями, аналитическим и вычислительным анализом рисков, проектированием и регулированием на основе вероятностных моделей, интеллектуальных систем и материалов, анализом стоимости жизненного цикла, оценкой ущерба и социальных аспектов [3]. Широкий спектр вопросов рассмотрен в работах исследователей, связанных с анализом надежности и безопасности [4–6], систематизацией параметров режима эксплуатации [7, 8], развитием методов мониторинга [9, 10], проверочным расчетом и экспертизой остаточного ресурса конструкций [11–13], регулированием безопасности на основе оценки рисков [14, 15]. Практические приложения по выявлению угроз и управлению рисками, с учетом требований промышленной безопасности, изложены в технических регламентах по эксплуатации конструкций и сооружений [16, 17]. Вместе с развитием методов экспертизы промышленной безопасности получили развитие подходы к оценке комплексной безопасности при комбинированных особых воздействиях в условиях техноприродного риска [18].

На основе вышеизложенного можно сформулировать цель и задачи исследования. Целью является развитие и совершенствование управленческой технологии предупреждения аварийных ситуаций на основе решения задач квалиметрического анализа рисков, оценки критических параметров технического состояния и послеремонтной несущей способности конструкций и сооружений.

В качестве методологической основы рассмотрены результаты работ в рамках целевой комплексной программы НАН Украины "Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин" под научным руководством академика Б. Е. Патона [19].

### **Объекты и методы исследований**

Значительные угрозы для жизнедеятельности человека связаны с техносферой, элементами которой являются конструкции и сооружения [20]. На сегодня почти 30 % промышленных объектов являются потенциально опасными. На протяжении длительного периода времени наблюдается стойкая тенденция к увеличению количества аварий и чрезвычайных ситуаций (рис. 1). Высокий



**Рис. 1. Последствия аварий конструкций и сооружений:**

*а* — аварийное разрушение конструкций покрытия прокатного цеха; *б* — обрушение конструкций пролетного строения транспортной галереи углеподготовки

уровень угроз на объектах повышенной опасности обуславливает необходимые ограничения промышленной безопасности, которые, к сожалению, не всегда являются достаточными. По сравнению с техническим регулированием на основе нормативных положений промышленной безопасности более эффективной стратегией является применение структурных методов технологической безопасности.

Как известно, технологическая безопасность характеризует степень защищенности человека, общества, объектов и окружающей среды от угроз, связанных с необоснованным созданием или не созданием технических систем, технологических процессов и материалов, обеспечивающих достижение основных национальных интересов государства.

В контексте рассматриваемой проблемы технологическая безопасность представляет важную структурную составляющую безопасности предприятия, характеризующую систему мер для поддержания работоспособности, повышения эксплуатационных свойств конструкций и сооружений, которые полностью или в значительной степени исчерпали свой нормативный ресурс [21]. Такие объекты рассматриваются как источники потенциальной опасности при модернизации (техническом переоснащении), реконструкции и продлении срока их эксплуатации. Предупреждение аварийных ситуаций на объектом уровне связано с регламентацией подходов к обеспечению технологической безопасности на основе методов программно-целевого управления надежностью конструкций и сооружений.

Исходя из принятой методологии регулирования рисков, можно утверждать, что эффективность предупреждения аварийных ситуаций для промышленных объектов может быть достигнута на основе объединения задач промышленной и технологической безопасности.

При этом требования промышленной безопасности обеспечивают:

- предупреждение риска путем введения конструктивных, технологических или эксплуатационных ограничений;
- перенос риска на контролирующие или надзорные органы, договоры страхования.

Стратегия мер технологической безопасности (рис. 2) основана на пяти принципах *DMAIC* (определение, измерение, анализ, усовершенствование и контроль) и нацелена на минимизацию риска, использование эффекта диверсификации рисков и на принятие на себя рисков, применение мониторинга, техническое обслуживание по фактическому состоянию конструкций и сооружений.

Постановка задач и практическая реализация стратегии технологической безопасности промышленных объектов отражает результаты работ Донбасского центра технологической безопасности (ДонЦТБ, г. Макеевка) ООО "Украинский институт стальных конструкций им. В. Н. Шимановского" [22, 23].

В соответствии с разработанным подходом защищенность строительных объектов, наряду с требованиями конструктивной безопасности (пассивного барьера), определяется мерами технологической безопасности (активного барьера).



Рис. 2. Иерархия программно-целевого управления надежностью конструкций и сооружений

Активируемые барьеры устанавливаются на основе пяти принципов *DMAIC* (см. рис. 2), позволяющих выполнять мониторинг и риск-диагностику технического состояния конструкций [24]. Управление технологической безопасностью включает обоснование, планирование, обеспечение, повышение и поддержание эксплуатационных параметров конструкций и сооружений, влияющих на выполнение производственной программы и качество продукции.

Содержание и ремонт по фактическому техническому состоянию определяется комплексом мер программы обеспечения надежности (ПОН) по мониторингу, риск-диагностике, адресно-восстановительным ремонтам (в объеме текущего, среднего и капитального), включая, при необходимости, восстановление систем противокоррозионной защиты конструкций (СПЗК). В зависимости от назначения, состояния объектов и структуры управления предприятием для обеспечения технологической безопасности требуются специалисты различного уровня подчиненности и квалификации: эксперты центра анализа рисков, служб технического надзора зданий и сооружений (СНЗС), цеховых служб технической эксплуатации (ЦСТЭ).

Взаимообусловленность требований промышленной и технологической безопасности способствует снижению уровня технико-экономических угроз. При выявлении критических параметров

объектов обследование и проверочный расчет несущей способности и пригодности к нормальной эксплуатации выполняется специализированными (экспертными) организациями. Для принятия управленческих решений предлагается использовать квалитметрические характеристики функциональных, эксплуатационных и стоимостных показателей технического состояния конструкций зданий и сооружений (табл. 1, 2).

Одной из задач, возникающих при анализе рисков технологической безопасности, является оценка изменения ресурса работы конструкций во времени. Для этого необходимо выделить однородные зоны режима эксплуатации и конструктивные элементы, обладающие общими технико-технологическими параметрами. Классы коррозионной опасности (KI—KV) и коррозионной защищенности (ZI—ZIV) устанавливаются требованиями ДСТУ Б В.2.6-193 [24].

Определение этапов и тенденций изменения эксплуатационных характеристик объектов связано с анализом деградиационных процессов, вызывающих снижение характеристик работоспособности, накопление повреждений элементов, изменения конструктивных и технологических параметров, характеристик сечений, механических свойств материала конструкций и пр. На основании оценки показателей уязвимости (А, Б, В) назначается режим непрерывного или выборочного контроля с учетом категории

**Уровень риска технологической безопасности ( $R_t$ , балл) в зависимости от класса СПЗК, уровня угроз и уязвимости конструкций зданий и сооружений**

| Класс<br>СПЗК | Уровень угрозы (категория технического состояния) |   |   |                   |   |   |               |   |   |              |   |   |                |    |    |
|---------------|---------------------------------------------------|---|---|-------------------|---|---|---------------|---|---|--------------|---|---|----------------|----|----|
|               | Низкий (I)                                        |   |   | Ограниченный (II) |   |   | Средний (III) |   |   | Высокий (IV) |   |   | Предельный (V) |    |    |
|               | Оценка уязвимости (категория ответственности)     |   |   |                   |   |   |               |   |   |              |   |   |                |    |    |
|               | В                                                 | Б | А | В                 | Б | А | В             | Б | А | В            | Б | А | В              | Б  | А  |
| ZI            | 1                                                 | 1 | 2 | 2                 | 2 | 3 | 3             | 3 | 4 | 4            | 5 | 5 | 6              | 6  | 7  |
| ZII           | 1                                                 | 2 | 2 | 2                 | 3 | 3 | 3             | 4 | 4 | 5            | 5 | 6 | 6              | 7  | 7  |
| ZIII          | 2                                                 | 2 | 3 | 3                 | 3 | 4 | 4             | 4 | 5 | 5            | 6 | 6 | 7              | 7  | 7  |
| ZIV           | 2                                                 | 2 | 3 | 3                 | 4 | 4 | 4             | 5 | 5 | 6            | 6 | 7 | 7              | 7  | 8  |
| KI            | 2                                                 | 3 | 3 | 4                 | 4 | 4 | 5             | 5 | 6 | 6            | 7 | 7 | 7              | 8  | 8  |
| KII           | 3                                                 | 3 | 4 | 4                 | 4 | 5 | 5             | 6 | 6 | 7            | 7 | 7 | 8              | 8  | 9  |
| KIII          | 3                                                 | 4 | 4 | 4                 | 5 | 5 | 6             | 6 | 7 | 7            | 7 | 8 | 8              | 9  | 9  |
| KIV           | 4                                                 | 4 | 4 | 5                 | 5 | 6 | 6             | 7 | 7 | 7            | 8 | 8 | 9              | 9  | 10 |
| KV            | 4                                                 | 4 | 5 | 5                 | 6 | 6 | 7             | 7 | 7 | 8            | 8 | 9 | 9              | 10 | 10 |

Таблица 2

**Классификация признаков технико-экономической защищенности промышленных объектов**

| Состояние СПЗК            | Класс опасности | Наименование риска | Характеристика потерь                                                                                   | Уровень риска ( $R_t$ , балл) | Размер ущерба, МРОТ* |
|---------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Коррозионная опасность    | 1               | Катастрофичный     | Частичное или полное разрушение конструкций и сооружений                                                | 9—10                          | > 72 500             |
|                           | 2               | Критичный          | Потери превышают расчетные суммы валового дохода восстановления объектов                                | 7—8                           | 25 000...72 500      |
| Коррозионная защищенность | 3               | Допустимый         | Потери не превышают расчетные суммы прибыли при продлении ресурса и технологическом обновлении объектов | 5—6                           | 2500...25 000        |
|                           | 4               | Приемлемый         | Потери не превышают затрат на поддержание качества в период срока эксплуатации объекта                  | 1—4                           | < 2500               |

\* МРОТ — минимальный размер оплаты труда

выявленных несовершенств. Выборочный контроль может быть трех видов: усиленный, нормальный и ослабленный (табл. 3).

Оценку технического состояния строительных конструкций или инженерных систем, а также критических параметров конструкций и сооружений, выполняют по отдельным группам показателей эксплуатационных характеристик. В зависимости от класса несовершенств, степени их распространения, а также от назначенной степени ответственности участка (элемента конструкции или системы), в котором обнаружены данные дефекты или повреждения, определяют категорию его технического состояния в соответствии с табл. 4.

Оценка ремонтпригодности ( $T_{rp}$ , год) выполняется по формуле:

$$T_{rp} = T_c + T_{mr}, \quad (1)$$

где  $T_c$  — продолжительность контроля при выявлении дефектов и повреждений, год;  $T_{mr}$  — продолжительность технического обслуживания и ремонта, год.

Для отнесения конструкции к конкретной категории технического состояния необходимо наличие указанного в табл. 4 сочетания параметров несовершенств в любом из элементов (участков) конструкции определенной категории ответственности. При этом в числителе приведены категории



Таблица 3

## Режим контроля технического состояния и восстановления эксплуатационных свойств конструкций

| Группа ремонтпригодности | Показатель ремонтпригодности, $T_{rp}$ , год | Уровни контроля при эксплуатации                                                    | Характеристика категории дефектов и повреждений (несовершенств)                                                                                   |
|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I                        | $0 < T_{rp} \leq 0,02$                       | Непрерывный:<br>Эксперт центра анализа рисков<br>Специалист СНЗС<br>Специалист ЦСТЭ | Наличие хотя бы одного критического дефекта или повреждения (категория А).<br>Допускаются (или могут отсутствовать) несовершенства категорий Б, В |
| II                       | $0,02 < T_{rp} \leq 0,08$                    | Усиленный:<br>Специалист СНЗС<br>Специалист ЦСТЭ                                    | Имеются один или несколько значительных дефектов или повреждений (категория Б).<br>Допускаются несовершенства категории В                         |
| III                      | $0,08 < T_{rp} \leq 0,5$                     | Нормальный:<br>Самопроверка<br>Специалист ЦСТЭ                                      | Имеются малозначительные дефекты или повреждения (категория В)                                                                                    |
| IV                       | $T_{rp} > 0,5$                               | Ослабленный:<br>Специалист ЦСТЭ                                                     | Дефекты и повреждения категорий А, Б, В отсутствуют                                                                                               |

Таблица 4

## Определение категории технического состояния

| Степень распространения несовершенств | Категория технического состояния конструкций с учетом характера несовершенств |                      |                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
|                                       | Критические А                                                                 | Значительные Б       | Малозначительные В    |
| Массовые                              | $\frac{V}{IV, V}$                                                             | $\frac{IV, V}{III}$  | $\frac{III}{II, III}$ |
| Многочисленные                        | $\frac{V}{IV}$                                                                | $\frac{IV}{II, III}$ | $\frac{II, III}{II}$  |
| Единичные                             | $\frac{IV, V}{III, IV}$                                                       | $\frac{III}{II}$     | $\frac{II}{I}$        |

для элементов первой группы ответственности (категории А, Б), в знаменателе — второй группы ответственности (категория В).

Для формирования очередности адресно-восстановительных ремонтов конструкций и сооружений предлагается использовать квалиметрические признаки уровня уязвимости конструкций (табл. 5), установленные для групп ремонтпригодности (I—IV).

Таким образом, необходимость учета взаимосвязи уязвимости (категории ответственности) и группы ремонтпригодности связана с обоснованием мер ПОН по восстановлению работоспособности конструкций.

Количественный показатель уровня уязвимости изменяется по шкале от 0 до 8 баллов в зависимости от степени критичности повреждений. Группа конструкций по ремонтпригодности определяет требования к условиям и срокам восстановления конструкций.

Таблица 5

## Квалиметрические признаки уровня уязвимости конструкций

| Категория дефекта или повреждения | Группа ремонтпригодности |     |     |    |
|-----------------------------------|--------------------------|-----|-----|----|
|                                   | I                        | II  | III | IV |
| А                                 | 6—8                      | —   | —   | —  |
| Б                                 | —                        | 3—5 | —   | —  |
| В                                 | —                        | —   | 1—2 | —  |
| О<br>(не выявлены)                | —                        | —   | —   | 0  |

Квалиметрическая оценка риска технологической безопасности производится с учетом интегральных показателей живучести ( $\eta$ ) и ремонтпригодности ( $K_g$ ):

Первое предельное состояние:

$$\eta = 1 - 1/(\Gamma - \psi); \quad (2)$$

Второе предельное состояние:

$$K_g = \frac{T_{dl}}{T_{dl} + nT_{mr}}; \quad (3)$$

где  $\Gamma = \Phi/N$  — отношение резерва надежности;  $\Phi$  — критическое значение усилия в элементе, имеющем повреждение, кН;  $N$  — наибольшее расчетное значение, кН;  $T_{dl}$  — срок службы конструкций в зависимости от установленных критических параметров, год;  $T_{mr}$  — период технического обслуживания и ремонта, год;  $n$  — количество межремонтных циклов для установленного срока службы объекта.

Интегральная характеристика живучести ( $\eta$ ) выражает относительное снижение пропускной способности регулирования ресурса при деградации конструкций в процессе эксплуатации промышленных объектов. Коэффициент обратной связи  $\psi$  характеризует снижение эксплуатационных показателей надежности конструкций при накоплении повреждений. Коэффициент готовности ( $K_g$ ) является комплексным показателем безотказности и ремонтпригодности, отражающим эффективность конструктивных и технологических мер инженерной защиты.

Последовательность оценки показателей ремонтпригодности и послеремонтной несущей способности для поддержания работоспособного состояния и продления срока службы конструкций, в соответствии с установленной иерархией обеспечения технологической безопасности промышленных объектов, представлена на рис. 3. Анализ изменения квалитетрических параметров ( $\eta$ ,  $K_g$ ) позволяет выполнять разработку ПОН с учетом резервирования работоспособности путем задания требуемого уровня риска технологической безопасности ( $R_r$ , балл) конструкций и сооружений.

Существенное значение в корпоративной стратегии управления технологической безопасностью приобретает систематизация наиболее важных исследовательских и технологических задач [25–27].

С целью анализа и планирования сценарных вариантов технического переоснащения и реконструкции промышленных объектов используются возможности научно-технического сопровождения проблем ресурса, что обеспечивает комплексную постановку и реализацию задач обеспечения технологической безопасности.

Стабильность и непрерывность производственных процессов при негативных воздействиях обеспечивается условиями эффективности мер технологической безопасности [21, 23], которые могут быть представлены в виде:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N U_i \geq \sum_{i=1}^N (S_{d,i} + S_{c,i}), \\ \sum_{i=1}^N U_i = \sum_{j=1}^M f(T_{rp,j}) \Rightarrow \min; \end{cases} \quad (4)$$

где  $U_i$  — затраты на поддержание  $i$ -го конструктивного элемента выборки ( $N$ ) в работоспособном состоянии, при реализации ПОН конструкций и сооружений, грн/год;  $S_{d,i}$  — потери, вызванные физическим износом, грн/год;  $S_{c,i}$  — потери в результате морального старения, грн/год;  $T_{rp,j}$  —



Рис. 3. Последовательность управления показателями технологической безопасности конструкций и сооружений

показатель ремонтпригодности, определяющий промежуток времени (год), для восстановления работоспособности при минимальных затратах  $j$ -го конструктивного элемента выборки ( $M$ ), степень критичности дефектов и повреждений которого выше предельного уровня повреждаемости.

В соответствии с постановкой проблемы в число основных приоритетов развития корпоративной системы технологической безопасности отнесены:

- разработка инструментов стратегического менеджмента технологической безопасности и оценки эффективности управления ресурсами на основе системного анализа показателей хозяйственной деятельности предприятий [28];
- оценивание рисков и выбор средств квалитетрического мониторинга и риск-диагностики для предотвращения аварий и чрезвычайных ситуаций, обеспечения мер инженерной

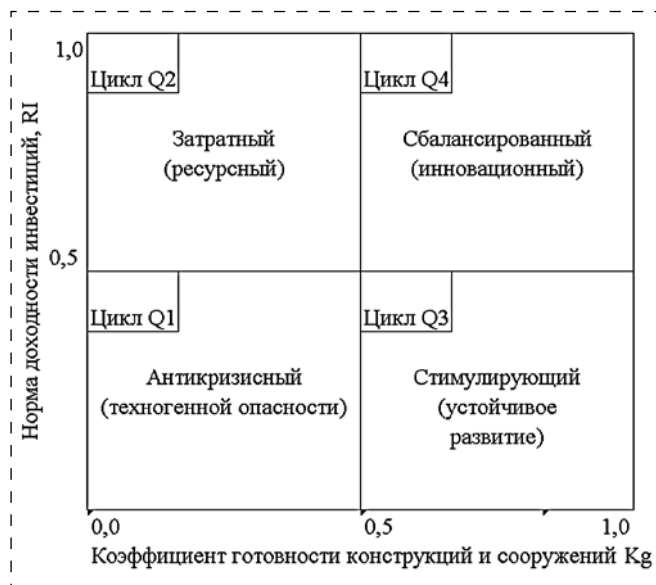


Рис. 4. Матрица циклов технико-экономической защищенности промышленных объектов

защиты и продления ресурса работы промышленных объектов [29];

- использование количественных критериев *of-line* и *on-line* контроля эксплуатационных параметров живучести, долговечности и ремонтпригодности для регулирования работоспособности конструкций и сооружений с учетом признаков предельных состояний, исходя из конструктивной прочности и эксплуатационной пригодности [30].

С учетом анализа данных технико-экономических угроз задаются требования по контролю технических параметров и ремонтпригодности конструкций зданий и сооружений, производится обоснование ресурса работы и продления проектного срока эксплуатации объектов, выполняются техническое обслуживание и материально-техническое обеспечение.

Выделение циклов развития на основе квалиметрической оценки показателей защищенности конструкций и сооружений (рис. 4) позволяет решать задачи управления технологической безопасностью промышленных объектов на базе содержательного анализа эксплуатационных параметров защищенности производственных комплексов.

### Результаты исследования

Поддержание на приемлемом уровне ( $R_i = 1-4$  балла) технико-технологических рисков при техническом обслуживании и ремонтах по фактическому состоянию требует внедрения

регламентных процедур обеспечения мер технологической безопасности и проведения непрерывного или периодического мониторинга конструкций в процессе эксплуатации (на уровне служб технического надзора предприятий).

Если меры по мониторингу эксплуатационных параметров, риск-диагностике интегральных показателей живучести ( $\eta$ ) и ремонтпригодности ( $K_g$ ) конструкций, техническому обслуживанию оказываются достаточными, обеспечение безопасной эксплуатации может быть достигнуто за счет корректирующих мер допустимого уровня риска ( $R_i = 5...6$  баллов). При выявлении критических показателей ( $R_i = 7...8$  баллов) требуется разработка мер ПОН по результатам экспертизы промышленной безопасности конструкций и сооружений с привлечением специализированных организаций. Вместе с этим, минимальные значения приемлемых рисков ( $R_i = 1...4$  балла) не исключают необходимости осуществления контроля с использованием инструментов технологической безопасности после реализации мер ПОН и восстановления работоспособного состояния конструкций.

Выполним анализ живучести пролетных строений транспортных галерей горнорудных предприятий с классом последствий ССЗ (по требованиям еврокода EN 1990). На основе результатов регистрационной оценки параметров технологической безопасности выявлены общие тенденции (табл. 6) снижения живучести ( $\eta$ ) конструкций пролетных строений:

- совмещение конструкций, передающих скатную составляющую в уровне пола от конвейеров и от собственного веса, с элементами пола (балками и связями) снижает ремонтпригодность галерей;
- коррозионно-механические разрушения повышают уязвимость конструкций в условиях атмосферных воздействий и повышенной влаги от гидросмыва.

Работоспособность конструкций транспортных галерей определяется по критическим параметрам несущей способности и эксплуатационной пригодности с учетом коэффициента надежности коррозионных потерь ( $\gamma_{zf}$ ) и обобщенной оценки защитных свойств ( $A_z$ ) противокоррозионных покрытий [27]. Практический пример обоснования ремонтпригодности ( $K_g$ ) путем выбора наиболее рациональных средств инженерной защиты представлен в работе [30].

Использование квалиметрических характеристик для управления технико-экономической

**Результаты риск-диагностики пролетных строений транспортных галерей**

| Класс риска/ $R_r$ , балл | Общий вид объекта                                                                  | Параметры риск-диагностики |                             |             |             |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
|                           |                                                                                    | Работоспособность          |                             | Живучесть   |             |
|                           |                                                                                    | $A_z$                      | $\gamma_{zk} (\gamma_{zp})$ | $\psi$      | $\eta$      |
| 2/7                       | Конвейерная галерея центральной обогатительной фабрики                             |                            |                             |             |             |
|                           |   | 0,35...0,50                | 0,50...0,65                 | 0,50...0,35 | 0,17...0,25 |
| 3/6                       | Мост конвейера углеподготовительного цеха коксохимзавода                           |                            |                             |             |             |
|                           |   | 0,45...0,70                | 0,80...0,85                 | 0,20...0,15 | 0,33...0,35 |
| 4/2                       | Конвейерные галереи обогатительной фабрики                                         |                            |                             |             |             |
|                           |  | 0,50...0,80                | 0,95...1,00                 | 0,05...0,00 | 0,39...0,41 |

защищенностью, согласно процедуре HAZOP и нормам менеджмента рисков IEC/ISO 31010, снижает влияние "человеческого фактора" и позволяет принимать решения на основе процедур, определенных регламентом безопасности промышленных объектов. Методика регистрационной оценки уровня риска по показателям технико-экономической защищенности использована при разработке информационно-аналитической базы данных "Ресурс" [24], состав и функции которой регламентированы положениями "Интегрированной системы управления качеством, экологией и охраной труда" стандарта предприятия СТП 101С-6.3-05—2007 "Обеспечение технологической безопасности при эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений" Частного акционерного общества (ЧАО) "Донецксталь-металлургический завод". Реализация процессного подхода к управлению технологической безопасностью произведена на объектном уровне для конструкций зданий и сооружений Публичного акционерного общества (ПАО) "Металлургический комбинат "Азовсталь". Управленческая технология предупреждения аварийных ситуаций построена на основе оценки

рисков с учетом уровней уязвимости и угроз, живучести и ремонтпригодности при обслуживании объектов по фактическому состоянию. Таким образом, обеспечиваются необходимые условия для построения вертикально-интегрированной системы управления безопасностью конструкций и сооружений промышленных объектов на основе принципов менеджмента ISO 9001.

**Заключение**

На основе формализации задачи управления технико-экономической защищенностью показаны преимущества процессного подхода для обеспечения технологической безопасности конструкций сооружений. Определен комплекс организационно-технических мероприятий, включающих квалитетический мониторинг технического состояния и риск-диагностику живучести и ремонтпригодности промышленных объектов.

Разработанный методический подход предусматривает основные этапы квалитетической оценки уровня риска по технологической безопасности для конструкций зданий и сооружений:



- выявление угроз (категории технического состояния) при эксплуатации по фактическому состоянию для установленных значений ремонтпригодности стальных конструкций;
- анализ уровня уязвимости стальных конструкций в зависимости от степени критичности (категории) дефектов и повреждений;
- определение показателя ремонтпригодности ( $T_{rp}$ , год) на основе расчетов критических параметров несущей способности;
- регистрационная оценка уровня риска ( $R_p$ , балл) с учетом интегральных показателей живучести ( $\eta$ ) и ремонтпригодности ( $K_g$ );
- формирование приоритетов и этапов развития ПОН в соответствии с мерами адресно-восстановительных ремонтов для приемлемого (допустимого) уровня риска промышленных объектов.

Направленность практического применения интегральных показателей надежности и безопасности обеспечивает суммарный полезный эффект от использования объекта по назначению и затрат на поддержание работоспособного состояния конструкций зданий и сооружений. Разработка стандарта предприятия формирует требования корпоративной системы управления технико-экономической защищенностью с учетом мер промышленной и технологической безопасности промышленных объектов.

Таким образом, эффективное решение задач технологической безопасности в основных отраслях экономики невозможно без междисциплинарного взаимодействия ведущих научных школ, проектных институтов и промышленных предприятий, что обеспечит становление специальной научной дисциплины по предотвращению аварийных ситуаций.

### Список литературы

1. **Нормативные документы** в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Серия 27. Декларирование промышленной безопасности и оценка риска. Вып. 16. Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и риска аварий на опасных производственных объектах". — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 32 с.
2. **Хоциалов Н.** Запасы прочности // Строительная промышленность. Раздел: мостовое строительство. — 1929. — № 10. — С. 840–844.
3. **Safety, reliability and risk of structures, infrastructures and engineering systems: proceedings of the tenth International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR 2009)**, Osaka, Japan, 13-17 September 2009 (English) Furuta, Hitoshi / Frangopol, Dan M. / Shinozuka, Masanobu 2010.
4. **Тамразян А. Г.** Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений // Вестник МГСУ. — 2011. — № 2. — С. 21–27.
5. **Перельмутер А. В.** Развитие требований к безотказности сооружений // Вестник ТГАСУ. — 2015. — № 1. — С. 81–101.

6. **Song J-W, Yu J-H and Kim C-D** (2007) Construction safety management using FMEA technique: focusing on the cases of steel frame work. In: Boyd, D (Ed) Procs 23rd Annual ARCOM Conference, 3–5 September 2007, Belfast, UK, Association of Researchers in Construction Management, 55–63.
7. **Фадеева Г. Д., Гарькин И. Н.** Решение проблем эксплуатации зданий промышленных предприятий // Молодой ученый. — 2014. — № 12 (71). — С. 120–121. — URL: <https://moluch.ru/archive/71/12205/> (дата обращения 18.02.2021).
8. **Шмелев Г. Д.** Систематизация определяющих параметров для прогноза остаточного срока службы строительных конструкций // Вестник МГСУ. — 2013. — № 8. — С. 89–96.
9. **Патрикеев А. В., Салатов Е. К.** Основы методики динамического мониторинга деформационных характеристик зданий и сооружений // Вестник МГСУ. — 2013. — № 1. — С. 133–138.
10. **Пшеничкина В. А., Соснов В. Н.** Методы анализа риска в системе мониторинга технического состояния зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. — 2006. — Т. 3. — № 3. — С. 88–92.
11. **Чуркин А. А., Белов Н. Н., Илюшин Д. Б., Борно О. И.** Поверочный расчет конструкций зданий и сооружений как важный этап оценки технического состояния в рамках проведения экспертизы промышленной безопасности // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". — 2015. — № 3. — С. 713–725. URL: <http://www.ogbus.ru> (дата обращения 17.02.2021).
12. **Исхаков Ш. Ш., Ковалев Ф. Е., Васкевич В. М., Рыжиков В. Ю.** Оценка надежности эксплуатации зданий и сооружений по методикам возникновения риска их неработоспособных состояний // Инженерно-строительный журнал. — 2012. — № 7. — С. 76–112.
13. **Трофимов В. И., Белов С. В., Садчиков П. Н.** Построение алгоритма оценки показателей надежности промышленного здания // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2018. — № 3. — С. 49–56. DOI: 10.24143/2072-9502-2018-3-49-56.
14. **Мельчаков А. П., Чебоксаров Д. В.** Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений: Теория, методология и инженерные приложения: Монография. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. — 111 с.
15. **Ивашенко И. Н., Ивашенко К. И., Гончаров Е. А., Комельков Л. В.** Допустимый риск для эксплуатируемых сооружений: методология оценки. Проблемы анализа риска. — 2017. — Т. 14. — № 4. — С. 36–49.
16. **Guide Identification of Safety Critical Equipment (SCE)** // The Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP). 2019. March. — P. 19.
17. **СТО Газпром 18000.1-002—2014** Идентификация опасностей и управление рисками. — М.: ОАО "Газпром", 2014. — С. 22.
18. **Теличенко В. И.** Комплексная безопасность строительства // Вестник МГСУ. — 2010. — № 4. — С. 1–8.
19. **Касаткин О. Г., Липодаев В. Н.** Проблемы ресурса и безопасность эксплуатации конструкций, сооружений и машин (итоговая научная конференция в ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ) // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2010. — № 1. — С. 58–60.
20. **Шимановский А. В., Гордеев В. Н., Королев В. П.** и др. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. — Киев: Изд-во "Сталь", 2008. — 462 с.
21. **Королев В. П., Филатов Ю. В., Лотоцкий О. Б.** Реинжиниринг для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений // Промысловое будивництво та інженерні споруди. — 2008. — № 2. — С. 26–33.
22. **Шимановский А. В., Королев В. П., Филатов Ю. В.** и др. Менеджмент технологической безопасности стальных конструкций в коррозионных средах // Материалы краткосрочных курсов повышения квалификации. — Киев; Львов, 2008. — С. 121.

23. **Филатов Ю. В., Королев В. П.** Обеспечение технологической безопасности и защита от коррозии основных фондов и объектов инфраструктуры горно-металлургического комплекса компании "Донецксталь" // Инновационный дайджест / Спец. выпуск. 2012, март. — С. 34—36.
24. **Королёв В. П.** Методический подход к обеспечению работоспособности металлоконструкций в условиях коррозионной опасности // Строительство и реконструкция. — 2019. — № 4 (84). — С. 70—82. DOI: 10.33979/2073-7416-2019-84-4-70-82.
25. **Королёв В. П.** Корпоративная система подготовки специалистов-экспертов по вопросам технологической безопасности конструкций зданий и сооружений / Сб. науч. трудов Украинского института стальных конструкций им. В. Н. Шимановского. — Киев: Изд-во "Сталь". — 2011. — Вып. 7. — С. 118—123.
26. **Korolov V. P., Godun T. N., Trofimchuk T. S.** Structural Survivability Reserve Planning Based On Analysis Of Corrosion Hazard Of Industrial Facilities // EUROCORR-2017. 20th International Corrosion Congress & Process Safety Congress. 2017 / Paper 1207. — Prague, Czech Republic.
27. **Королев В. П.** Требования качества, надежности и безопасности для управления коррозионной защищенностью металлоконструкций и сооружений // Вестник науки и образования Северо-Запада России. — 2018. — Т. 4. — № 3. — С. 24—32. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2018/08/2018-N3-Korolov.pdf> (дата обращения 03.10.2018).
28. **Korolov V., Filatov Yu., Magunova N., Korolov P.** Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level // Journal of Materials Science and Engineering A & B. New York: David Publishing Company. — 2013. — Vol. 3. — No. 11. — P. 740—747.
29. **Королёв В. П., Кущенко И. В.** Обеспечение коррозионной защищенности конструкций с учетом рисков технологической безопасности промышленных объектов / Вестник КрНУ имени М. Остроградского. — 2017. — Вып. 3 (104). — Ч. 1. — С. 130—136.
30. **Королев В. П., Герман Г. А.** Формирование проектных требований на основе управления коррозионной защищенностью стальных конструкций // Вестник МГСУ. — 2020. — Т. 15. — Вып. 4. — С. 518—532. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.4.518-532.

**V. P. Korolov**, Professor, e-mail: center\_sts@ukr.net, Priazovsky State Technical University, Mariupol, Ukraine

## Qualimetric Methods of Risk Management of Process Safety of Structures and Installations of Industrial Facilities

*Analyzed are the up-to-date requirements of industrial safety for providing engineering protection of high-risk facilities. Considered are the results of research concerning the problem of determining and extending the service life of structures and installations in the long-term use. Formulated are the principles of rational decision-making for preventing the technogenic accidents and emergency situations.*

*It is determined that the process safety assuring at the facility level is linked with regulation of methods of program-target management of building and structure reliability. A methodological approach has been justified to assessing the risks of technical and economic protectability based on the qualimetric reliability indices.*

*The integral survivability index has been estimated to justify the programs of reliability, maintainability and post-repair load-carrying capacity of structures and installations.*

*Practical examples are provided of developing enterprise standards for managing the process safety of industrial facilities.*

**Keywords:** reliability indices, process safety, qualimetric methods, risk assessment, technical and economic protectability, enterprise standard, structures and installations of industrial facilities

### References

1. **Normativnye dokumenty** v sfere deyatel'nosti Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru. Seriya 27. Deklarirovaniye promyshlennoy bezopasnosti i otsenka riska. Vyip. 16. Rukovodstvo po bezopasnosti "Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostey i riska avariya na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektah". M.: ZAO NTT PB, 2019. 32 p.
2. **Khotsialov N.** Zapasy prochnosti. *Stroitel'naya promyshlennost. Razdel: mostovoye stroitel'stvo*. 1929. No. 10. P. 840—844.
3. **Safety**, reliability and risk of structures, infrastructures and engineering systems: proceedings of the tenth International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSAR 2009), Osaka, Japan, 13—17 September 2009 (English) Furuta, Hitoshi / Frangopol, Dan M. / Shinozuka, Masanobu 2010.
4. **Tamrazyan A. G.** Osnovnyye printsipy otsenki riska pri proektirovaniy zdaniy i sooruzheniy. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 2. P. 21—27.
5. **Perelmuter A. V.** Razvitiye trebovaniy k bezotkaznosti sooruzheniy. *Vestnik TGASU*. 2015. No. 1. P. 81—101.
6. **Song J.-W., Yu J.-H., Kim C.-D.** (2007) Construction safety management using FMEA technique: focusing on the cases of steel frame work. In: Boyd, D (Ed) Procs 23rd Annual ARCOM Conference, 3—5 September 2007, Belfast, UK, Association of Researchers in Construction Management. P. 55—63.
7. **Fadeeva G. D., Garkin I. N.** Reshenie problem ekspluatatsii zdaniy promyshlennyykh predpriyatiy. *Molodoy ucheniy*. 2014. No. 12 (71). P. 120—121. URL: <https://moluch.ru/archive/71/12205/> (date of access 18.02.2021).
8. **Shmelev G. D.** Sistematizatsiya opredelyayuschih parametrov dlya prognoza ostatocnogo sroka sluzhby stroitel'nykh konstruktсий. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 8. P. 89—96.
9. **Patrikeev A. V., Salatov E. K.** Osnovy metodiki dinamicheskogo monitoringa deformatsionnykh harakteristik zdaniy i sooruzheniy. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 1. P. 133—138.



10. Pshenichkina V. A., Sosnov V. N. Metody analiza riska v sisteme monitoringa tehnikeskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzheniy. *Tehnologii grazhdanskoy bezopasnosti*. 2006. Vol. 3. No. 3. P. 88–92.
11. Churkin A. A., Belov N. N., Ilyushin D. B., Borno O. I. Poverochnyy raschet konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy kak vazhnyy etap otsenki tehnikeskogo sostoyaniya v ramkah provedeniya ekspertizy promyshlennoy bezopasnosti. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal "Neftegazovoe delo"*. 2015. No. 3. P. 713–725. URL: <http://www.ogbus.ru> (date of access: 17.02.2021).
12. Ishakov Sh. Sh., Kovalev F. E., Vaskevich V. M., Ryzhikov V. Yu. Otsenka nadezhnosti ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy po metodikam vozniknoveniya riska ih nerabotosposobnykh sostoyaniy. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2012. No. 7. P. 76–112.
13. Trofimov V. I., Belov S. V., Sadchikov P. N. Postroenie algoritma otsenki pokazately nadezhnosti promyshlennogo zdaniya. *Vestnik AGTU. Ser.: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika*. 2018. No. 3. P. 49–56. DOI: 10.24143/2072-9502-2018-3-49-56.
14. Melchakov A. P., Cheboksarov D. V. Prognoz, otsenka i regulirovanie riska avarii zdaniy i sooruzheniy: Teoriya, metodologiya i inzhenernyye prilozheniya: Monografiya. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2009. 111 p.
15. Ivaschenko I. N., Ivaschenko K. I., Goncharov E. A., Komelkov L. V. Dopustimyy risk dlya ekspluatiruemykh sooruzheniy: metodologiya otsenki. *Problemy analiza riska*. 2017. Vol. 14. No. 4. P. 36–49.
16. Guide Identification of Safety Critical Equipment (SCE) // The Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP). 2019. March. P. 19.
17. STO Gazprom 18000.1-002—2014 Identifikatsiya opasnostey i upravlenie riskami. Moscow: OAO "Gazprom". 2014. P. 22.
18. Telichenko V. I. Kompleksnaya bezopasnost stroitelstva. *Vestnik MGSU*. 2010. No. 4. P. 1–8.
19. Kasatkin O. G., Lipodaev V. N. Problemy resursa i bezopasnost ekspluatatsii konstruktivnykh sooruzheniy i mashin (itogovaya nauchnaya konferentsiya v IES im. E. O. Patona NANU). *Tekhnicheskaya diagnostika i nerazrushayushchiy kontrol*. 2010. No. 1. P. 58–60.
20. Shimanovskiy A. V., Gordeev V. N., Korolyov V. P. et al. *Tekhnicheskaya diagnostika i preduprezhdenie avariynnykh situatsiy konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy*. Kiev: Izd-vo "Stal", 2008. 462 p.
21. Korolyov V. P., Filatov Yu. V., Lototskiy O. B. Reinzhening dlya obespecheniya tekhnologicheskoy bezopasnosti konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy. *Promyslovoe budivnytstvo ta inzhenerni sporudyi*. 2008. No. 2. P. 26–33.
22. Shimanovskiy A. V., Korolyov V. P., Filatov Yu. V. et al. Menedzhment tekhnologicheskoy bezopasnosti stalnykh konstruktivnykh v korrozionnykh sredakh. *Materialy kratkosrochnykh kursov povysheniya kvalifikatsii*. Kiev; Lvov, 2008. P. 121.
23. Filatov Yu. V., Korolyov V. P. Obespechenie tekhnologicheskoy bezopasnosti i zaschita ot korrozii osnovnykh fondov i ob'ektov infrastrukturyi gorno-metallurgicheskogo kompleksa kompanii "Donetskstal". *Innovatsionnyy daydzhest. Spets. vyipusk*. 2012. Mart. P. 34–36.
24. Korolyov V. P. Metodicheskyy podhod k obespecheniyu rabotosposobnosti metallokonstruktivnykh v usloviyakh korrozionnoy opasnosti // *Stroitelstvo i rekonstruktsiya*. 2019. No. 4 (84). P. 70–82. DOI: 10.33979/2073-7416-2019-84-4-70-82.
25. Korolyov V. P. Korporativnaya sistema podgotovki spetsialistov-ekspertov po voprosam tekhnologicheskoy bezopasnosti konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy. *Sb. nauch. trudov Ukrainskogo instituta stalnykh konstruktivnykh im. V. N. Shimanovskogo*. Kiev: Izd-vo "Stal". 2011. No. 7. P. 118–123.
26. Korolov V. P., Godun T. N., Trofimchuk T. S. Structural Survivability Reserve Planning Based On Analysis Of Corrosion Hazard Of Industrial Facilities. *EUROCORR-2017. 20th International Corrosion Congress & Process Safety Congress*. 2017. Paper 1207. Prague, Czech Republic.
27. Korolyov V. P. Trebovaniya kachestva, nadezhnosti i bezopasnosti dlya upravleniya korrozionnoy zaschischennostyu metallokonstruktivnykh i sooruzheniy. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2018. Vol. 4. No. 3. P. 24–32. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2018/08/2018-N3-Korolov.pdf> (date of access 03.10.2018).
28. Korolov V., Filatov Yu., Magunova N., Korolov P. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level. *Journal of Materials Science and Engineering A & B*. New York: David Publishing Company. 2013. Vol. 3. No. 11. P. 740–747.
29. Korolyov V. P., Kuschenko I. V. Obespechenie korrozionnoy zaschischennosti konstruktivnykh s ucheto riskov tekhnologicheskoy bezopasnosti promyshlennyykh ob'ektov. *Vestnik KrNU imeni M. Ostrogradskogo*. 2017. Vol. 1. No. 3 (104). P. 130–136.
30. Korolyov V. P., German G. A. Formirovanie proektnykh trebovaniy na osnove upravleniya korrozionnoy zaschischennostyu stalnykh konstruktivnykh. *Vestnik MGSU*. 2020. Vol. 15. No. 4. P. 518–532. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.4.518-532.

## Информация

### Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 Правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень". Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 350, список от 31.12.2020). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.

УДК 623.9

**Г. Н. Щербаков**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,  
**М. А. Анцелевич**, д-р техн. наук, гл. руководитель научной группы,  
**А. В. Рычков**, д-р техн. наук, нач. НИЦ,  
**Е. Н. Сахнов**, канд. техн. наук, руководитель научной группы,  
**Я. В. Фещенко**, командир научной роты,  
**С. Р. Богати**, мл. науч. сотр., e-mail: bogati93@gmail.com,  
**А. В. Тетеркин**, оператор научной роты, Общевойсковая академия вооруженных сил РФ им. М. В. Фрунзе, Москва

## Актуальность применения подводных маркеров на основе нелинейных эффектов

*Рассмотрены современные средства гидроакустического маркирования подводных объектов. Применение подводных маркеров (подводных маяков) повышает безопасность выполнения подводно-технических работ. Предложено использовать нелинейные эффекты для создания пассивного маркера-отражателя. Возможность работы такого маркера без источника питания позволяет сделать продолжительность его функционирования под водой практически неограниченной.*

**Ключевые слова:** гидроакустика, подводные маркеры

Подводные маркеры (подводные маяки) используются в различных областях: в системах навигации и позиционирования, в морских исследованиях, в оборонном секторе, в водолазном оборудовании, подводной археологии и т. д. Цель использования подводных маркеров — обозначение местонахождения подводных объектов. Дальность действия составляет от единиц метров (для оптических импульсных маркеров в мутной воде) до 15...20 км (для "маркеров-ответчиков" навигационных систем). Все подводные маркеры имеют собственный источник питания. Время их функционирования составляет от нескольких суток (для простейших оптических маркеров) до нескольких месяцев (для "маяков-ответчиков").

Основные области применения подводных маркеров показаны на рис. 1.

Основные типы подводных маркеров [1—3] представлены на рис. 2.

Уникальность нелинейного гидроакустического маркера заключается в том, что он позволяет исключить различные помехи, создаваемые морским дном (неровности морского дна, песок и различные предметы). Результатом является неограниченный срок функционирования (из-за отсутствия источника питания), скрытность работы и высокая надежность из-за простоты устройства. Максимальная дальность действия зависит от уровня внешних гидроакустических шумов (шум прибоя и т. д.) и составляет десятки сотни метров

и во многом зависит от уровня внешних гидроакустических шумов (шум прибоя и т. д.).

Данные преимущества достигаются за счет того, что устройство способно излучать ответный сигнал на частоте, отличной от частот зондирующих сигналов. Частота ответного сигнала равна сумме значений двух зондирующих частот. Двухчастотный зондирующий сигнал, в отличие от одночастотного, позволяет устранить помеховое влияние собственной нелинейности гидроакустической антенны. В электрической схеме подводного маяка реализованы схемотехнические решения по изменению частоты переизлученного сигнала. При этом формирование отраженного сигнала пассивным маркером происходит за счет энергии зондирующего сигнала поискового гидролокатора.

Один из вариантов структурной схемы устройства скрытного подводного маркирования показан на рис. 3. Устройство состоит из поискового гидролокатора 1 и пассивного нелинейного маркера-отражателя 2. Гидролокатор 1 содержит гидроакустический излучатель 3, приемное гидроакустическое устройство 4, блок регистрации признаков нелинейности у объекта поиска 5. Пассивный нелинейный гидроакустический маркер-отражатель 2 содержит приемную гидроакустическую антенну 6, нелинейный электрический элемент 7, полосовой фильтр 8, излучающую гидроакустическую антенну 9.



Рис. 1. Основные области применения подводных маркеров

Устройство скрытого подводного маркирования работает следующим образом. Гидроакустический излучатель 3 поискового гидролокатора 1 воздействует на приемную антенну 6 пассивного маркера-отражателя 2. Сигнал с выхода антенны 6 воздействует на нелинейный электрический элемент 7. На выходе нелинейного элемента появляются новые спектральные составляющие, отсутствующие в спектре зондирующего гидроакустического сигнала. Полосовой фильтр 8 выделяет новую частоту спектра. Сигнал с этой частотой поступает на вход излучающей гидроакустической

антенны 9, которая переизлучает его обратно в сторону поискового гидролокатора 1. С выхода приемной гидроакустической антенны 4 сигнал поступает на блок регистрации сигналов нелинейности 5. Его срабатывание свидетельствует о наличии нелинейного пассивного маркера-отражателя 2 в зоне обнаружения гидролокатором.

В целях проверки работоспособности предлагаемого устройства был проведен эксперимент в измерительном бассейне в лабораторных условиях. В макете поискового гидролокатора использовался двухчастотный режим работы. Частоты излучаемых сигналов были 3,5 кГц и 6,5 кГц. Принимаемый сигнал регистрировался на суммарной частоте 10 кГц. В излучающих и приемных гидроакустических антеннах использовались дисковые пьезоэлементы на частотах собственных резонансов 3,5 и 6,5 кГц. Переменное напряжение с амплитудой 5 В подавалось на пьезоэлементы в режиме излучения от измерительных низкочастотных генераторов. Регистрация отраженного нелинейного сигнала пассивного маркера-отражателя осуществлялась селективным микровольтмером В6-9 с чувствительностью 1 мкВ. На его входе был дополнительно установлен узкополосный пассивный фильтр на частоту 10 кГц.

Макет нелинейного пассивного гидроакустического маркера-отражателя включает две приемные гидроакустические антенны на основе пьезоэлектрических элементов, работающих на частоте 3,5 и 6,5 кГц, нелинейный элемент (диод Д9), полосовой согласующий фильтр на суммарную частоту 10 кГц, а также резонансный пьезоэлектрический излучатель сигнала гидроакустической антенны с частотой 10 кГц. Внешний вид экспериментального макета представлен на рис. 4.

Экспериментально установлено, что макет нелинейного маркера-отражателя уверенно обнаруживался в измерительном бассейне макетом поискового гидролокатора. В то же время "линейные" отражатели (угловые отражатели из металла и пластмассы, плоские камни, куски дерева и др.) не регистрировались даже на малых расстояниях (менее 1 м).

В заключении следует отметить, что физические процессы, протекающие в предлагаемом подводном нелинейном гидроакустическом маркере-отражателе, во многом схожи с процессами в радиолокационных нелинейных маркерах, используемых для скрытого обозначения объектов на суше [4—6].



Рис. 2. Основные типы подводных маркеров

Применение гидроакустических маркеров возможно при решении перечисленных ниже задач:

- Обозначение обнаруженных отдельных взрывоопасных предметов (ВОП), маркирование в воде места нахождения как единичного ВОП, так и границ опасного участка акватории.

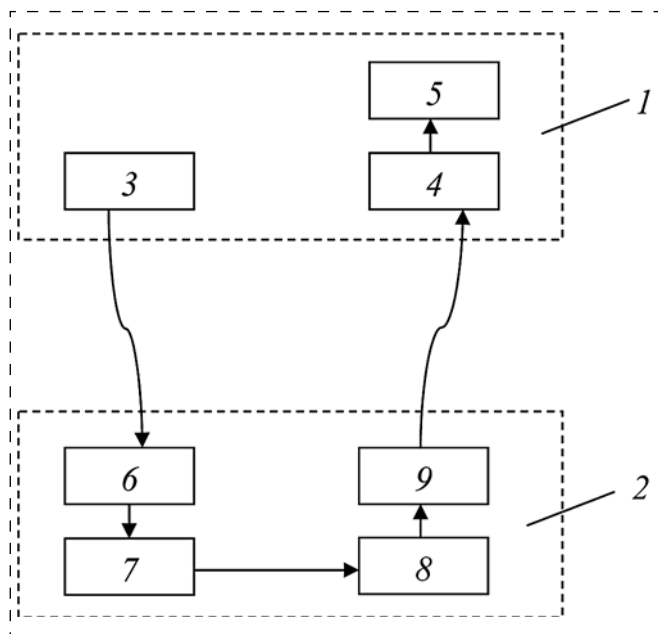


Рис. 3. Устройство скрытного подводного маркирования

- Обозначение маркерами границ прохода в заграждениях, створа брода на участке водной преграды (участки входа, выхода из воды).
- Обозначение маркерами участков и маршрутов для целей подводной навигации пловцов или автономных подводных аппаратов.
- Маркирование фарватеров для целей безопасной проводки судов как в надводном, так и в подводном положении.
- Обозначение маркерами объектов в воде при проведении аварийно-спасательных работ.
- Маркирование мест бурения, установки конструкционных материалов при проведении



Рис. 4. Экспериментальный макет



строительно-монтажных работ в воде (строительство объектов прибрежной инфраструктуры, строительство мостов и т. п.).

- Обозначение зон при оперативном мониторинге акваторий, проводимом с воздушных носителей путем установки (сбрасывания, отстрела) маркеров в воду.

#### Список литературы

1. **Гидроакустический маяк** ООО "НПП АКМА". URL: <http://www.npo-akma.ru/mayak.shtml> (дата обращения 12.05.2020).

2. **Гидроакустический маяк-ответчик**. Навигационные системы. Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск. URL: [http://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2013/06/03/2012-linnik.pdf](http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/06/03/2012-linnik.pdf) (дата обращения 12.05.2020).
3. **Каралиун В. Ю.** Гидроакустический маяк-ответчик. Патент РФ № 2125733, МПК G01S 015/74, G01S 007/52. Опубл. 27.01.1999.
4. **Щербаков Г. Н.** Применение нелинейной радиолокации для дистанционного обнаружения малоразмерных объектов // *Специальная техника*. — 1999. — № 1. — С. 34—39.
5. **Щербаков Г. Н., Анцелевич М. А.** Новые методы обнаружения скрытых объектов. — М.: Эльф ИПР, 2011. — 503 с.
6. **Щербаков Г. Н., Анцелевич М. А. и др.** Устройство скрытого подводного маркирования / Патент РФ на полезную модель, рег. № 2020127025, МПК G01S 15/00 от 12.08.2020. Бюл. № 10.

**G. N. Scherbakov**, Senior Researcher, **M. A. Antsselevich**, Main Head of Research Group, **A. V. Rychkov**, Head of Scientific Research Center, **E. N. Sakhnov**, Head of Research Group, **Ya. V. Feschenko**, Commander of Scientific Company, **S. R. Bogati**, Junior Researcher, **A. V. Teterkin**, Operator of Scientific Company, Combined arms Academy of the Armed Forces of Russian Federation name after M. V. Frunze, Moscow

## Relevance of the Use of Underwater Markers based on Nonlinear Effects

*The article discusses modern means of hydroacoustic marking of underwater objects. The use of underwater markers (underwater beacons) increases the safety of underwater technical work. The authors of the article proposed to use nonlinear effects to create a passive reflector marker. The ability to operate such a marker without a power source makes it practically unlimited duration of its operation under water.*

**Keywords:** hydroacoustics, underwater markers

#### References

1. **Hydroacoustic beacon** / NPP AKMA LLC. URL: <http://www.npo-akma.ru/mayak.shtml> (date of access 05.12.2020).
2. **Hydroacoustic beacon-responder**. Navigation systems / Pacific State University, Khabarovsk. URL: [http://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2013/06/03/2012-linnik.pdf](http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/06/03/2012-linnik.pdf) (date of access 05.12.2020).
3. **Karaliun V. Yu.** Hydroacoustic beacon-responder. RF patent No. 2125733, IPC G01S 015/74, G01S 007/52. Published 27.01.1999.

4. **Scherbakov G. N.** Application of nonlinear radar for remote detection of small objects. *Special equipment*. 1999. No. 1. P. 34—39.
5. **Scherbakov G. N., Antsselevich M. A.** New methods of detecting hidden objects. Moscow: Elf IPR, 2011. 503 p.
6. **Scherbakov G. N., Antselevich M. A. et. al.** Covert underwater marking device / RF patent for a useful model, reg. No. 2020127025, IPC G01S 15/00 of 12.08.2020, Bul. № 10.

УДК 614.841.42.026.1

**Е. И. Чалдаева**, аспирант, e-mail: katerino4ka\_94@mail.ru, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## Показатели оценки пожарного риска влияния нефтепродуктов на процесс самовозгорания лесов Томской области

*Рассмотрены результаты исследований о способе определения температуры самовозгорания лесной подстилки (опада пород), характерной для лесов Томской области. Построена прогнозно-экстраполяционная зависимость величины температуры зажигания от времени индукции в зависимости от процентного содержания состава лесной подстилки, как основного составляющего параметра при определении горения в лесных массивах. Представлена степенная функция, послужившая основой для обозначения показателей оценки пожарного риска. Показано влияние нефтепродуктов на процесс самовозгорания лесов.*

**Ключевые слова:** пожарный риск, нефтепродукты, природные ландшафты, самовозгорание, лесные пожары, лесная подстилка

### Введение

Научные исследования в области разработки действенных способов предупреждения лесных пожаров являются одной из значимых проблем в мире и в России [1, 2].

Причинами возникновения лесных пожаров могут стать естественные причины и возникшие в результате деятельности человека (антропогенные): доля естественных пожаров составляет 7–8 %, при этом 92 % приходится на сферу деятельности человека [1]. Процесс самовозгорания — одна из самых частых причин возникновения пожаров в условиях природной среды.

При оценке последствий лесных пожаров учитываются объемы прямого ущерба — угрозы жизнедеятельности человека, объектам жизнедеятельности человека, растительному и животному миру, сохранение биоразнообразия, а также косвенного ущерба — ухудшение состояния здоровья населения, снижение биоразнообразия [3]. Первичным объектом горения является лесная подстилка. Влияние нефтепродуктов на процесс самовозгорания в условиях природной среды колоссально и в значительной степени увеличивает вероятность возникновения чрезвычайной ситуации.

Цель исследования — определение показателей оценки пожарного риска влияния нефтепродуктов на процесс самовозгорания лесов Томской области.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследования стали образцы лесных подстилок (опада пород, представляющих собой лесной горючий материал) лесов Томской области. Исследования выполнены с помощью экспериментальной установки, собранной в лаборатории Томского политехнического университета, включающей в себя определение времени индукции процесса самовозгорания твердых лесных горючих материалов с точки зрения пожаро- и взрывоопасности, изучения особенностей самовозгорания различных составов лесной подстилки, характерной для лесов Томской области.

В качестве методов исследования применялся аналитический обзор информации по теме исследования и темам, смежным с областью обеспечения пожарной безопасности в условиях лесных насаждений, а также обзорная часть статистики лесных пожаров по региону Томской области.

### Результаты исследования

Самовозгорание — одна из самых главных причин возникновения пожаров в условиях природной среды [1]. Рассматриваемая лесная подстилка (опад пород) в Томской области — объект возникновения природной чрезвычайной ситуации.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо решить ряд задач:

1. Изучить процесс самовозгорания лесной породы (лесной подстилки), характерной для лесов Томской области.
2. Изучить влияние нефтепродуктов на процесс самовозгорания.
3. Определить показатели оценки пожарного риска влияния нефтепродуктов на процесс самовозгорания лесов Томской области.

В томских лесах произрастают лиственные и хвойные леса породы деревьев: березовые, сосновые и кедровые [4, 5]. В качестве опытных образцов были выбраны образцы березовой пыли, утрамбованные брикеты листвы березы и хвои сосны (рис. 1).

Определение температуры самовозгорания образцов пород осуществлялось согласно нормативному документу ГОСТ 12.1.044—89 "Пожаровзрывоопасность



Рис. 1. Вид образцов брикетов утрамбованной березы и хвои сосны, помещенных в буюсу

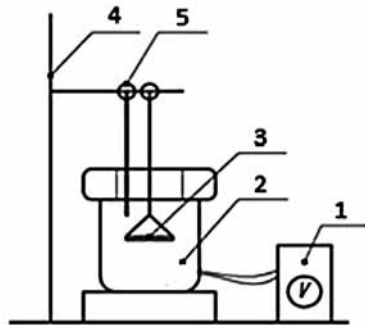


Рис. 2. Вид экспериментальной установки по определению температуры самовозгорания образцов лесных горючих материалов:

1 — автотрансформатор; 2 — тепловая камера; 3 — контейнер с образцом; 4 — штатив; 5 — термопара с прибором регистрации

веществ и материалов" [6]. Эксперимент выполнялся при температуре от 40 до 450 °С на установке с тепловой камерой и нагревательным элементом-проводом (рис. 2). Образец, помещенный в медный контейнер толщиной около 10 мм, был отправлен в специальную камеру [7, 8]. Рабочее место лаборатории удовлетворяло требованиям пожарной безопасности и санитарно-гигиеническим требованиям.

Проблемой пожарной безопасности в лесах становится то, что с позиции теплофизики большинство органических материалов при сочетании ряда условий могут самовозгораться. Это подтверждает практика самовозгорания хлопка, угля, пыли на элеваторах и в зернохранилищах, торфов в болотистых местностях по территории Томских лесов (табл. 1) [7].

Авторы [7, 8] отмечают, что в слоях породы определенного размера происходят процессы самонагревания и подъема температуры за счет реакций с выделением определенного количества теплоты — экзотермическая реакция. Отсюда возникает проблема, каким образом данное самовозгорание предотвратить. Актуальной задачей становится уменьшение влияния антропогенного загрязнения в лесах.

При исследовании пыли березовой коры массой 2,5 г, объемной плотностью 0,05 г/см<sup>3</sup> при постоянной температуре окружающего воздуха 23 °С и влажности в лаборатории 65 % по измененным физико-химическим составляющим самовозгорания образца не наблюдается, а именно отмечается характерный процесс пиролиза [7]. Перед горением наблюдалась фаза спекания. Результаты эксперимента сведены в табл. 2.

Для большей точности лабораторные исследования были выполнены несколько раз. Рабочая температура самовозгорания образца — минимальная температура самовозгорания нескольких исследуемых образцов.

При исследовании брикета утрамбованных листьев березы и хвои сосны массой 5 г, объемной плотностью 0,08 г/см<sup>3</sup> при постоянной температуре окружающего воздуха 23 °С и влажности в лаборатории 65 % возникает самовозгорание при температуре в печи около 200 °С (табл. 3) [8]. Время индукции процесса самовозгорания составило примерно 1,5 мин.

Результаты данного эксперимента представлены в виде графика зависимости времени индукции начала тления от температуры в печи (рис. 3).

**Виды лесных горючих материалов первоначального загорания, характерных для природной среды лесов Томской области**

| Вид лесных горючих материалов           | Время года пожарной опасности | Вид пожара  | Факторы, ускоряющие процесс возникновения пожара  |
|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|
| Усохший травяной напочвенный покров     | Весна, осень                  | Напочвенный | Увеличение запасов и уменьшение влажности покрова |
| Напочвенный мшистый покров              | С лета по осень               | Напочвенный | Увеличение количества содержания запаса           |
| Долгомошно-сфагновый напочвенный покров | С лета по осень               | Торфяной    | Уменьшение влажности покрова                      |

Таблица 2

**Результаты исследований с образцом пыли березовой коры**

| Время                                                                                                  | Температура в печи, °C | Описание процесса                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|
| 12:32                                                                                                  | 22                     | Образец помещен в печь                                   |
| Идет нагрев образца до 200 °C, аромат летучих в лаборатории наблюдается при 120 °C                     |                        |                                                          |
| 12:42                                                                                                  | 192                    | Образец нагрелся                                         |
| 12:52                                                                                                  | 200                    | Тление не происходит                                     |
| 13:06                                                                                                  | 200                    | Поверхность насыпного слоя становится темной, тления нет |
| Изменение цвета характеризует, что в образце идут окислительные процессы, но их интенсивность невелика |                        |                                                          |
| 14:25                                                                                                  | 200                    | Окончание проведения исследования                        |

Степенная функция, полученная опытным путем, положена в основу оценки пожарного риска и свидетельствует об опасности фактора антропогенного загрязнения окружающей среды:

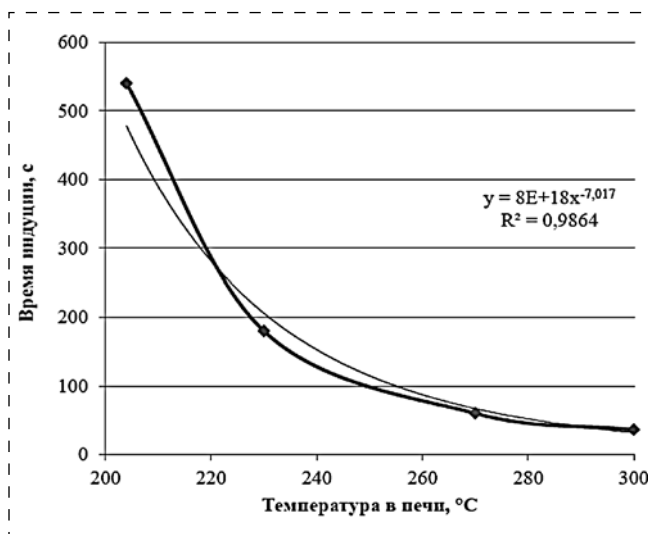
$$y = 8E + 18x^{-7,01}, \quad (1)$$

где  $y$  — время, в течение которого происходит самовозгорание образца;  $x$  — температура самовозгорания, °C.

Таблица 3

**Исследования с образцами брикетов утрамбованной листвы березы и хвои сосны**

| Время | Температура в печи T, °C | Напряжение печи U, В | Описание процесса                                                                   |
|-------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 10:20 | 208                      | 250                  | Старт проведения исследования                                                       |
| 10:31 | 210                      | 300                  | Выделение летучих компонентных составов в виде дымных образований с примесью породы |
| 10:34 | 210                      | 380                  | Образование дыма                                                                    |
| 10:44 | 215                      | 350                  | Конец проведения исследования                                                       |


**Рис. 3. График зависимости времени индукции начала тления образца брикета утрамбованных листьев березы и хвои сосны от температуры в печи (точки на кривой — очаги тления)**

Полученное выражение позволяет выявить, что при наибольшей летней температуре воздуха около 30...35 °C в Томской области время самовозгорания примерно равно трем—четырем годам, вследствие постепенного накопления тепла системой. Полученный результат свидетельствует о том, что лес из состава смешанных пород самовозгоранию подвержен в меньшей степени: самовозгорание происходит при искусственном снижении времени индукции начала тления [8, 9].

Нефтепродукты, такие как бензин и его фракции, машинное масло, пластмассы и пр., существенно влияют на очаг распространения самовозгорания.

Исследования с выбранными образцами пород подтвердили предположение, что антропогенное загрязнение является главной причиной самовозгорания в природных ландшафтах. Анализируя результат, можно сделать вывод, что при удачном сочетании факторов происходит сокращение времени индукции зажигания с 3 лет до 3 мин.



Рассмотрим один из продуктов жизнедеятельности человека — пятно растекшегося машинного масла, оставленное легковым автомобилем в период отдыха людей. Его размер составляет 23×47 см. Максимальная рабочая площадь солнечной инсоляции плоско расположенного пятна масла будет составлять 75 % и представлять вписанный в четырехугольник эллипс.

В ходе проведения исследования с влиянием нефтепродуктов на процесс самовозгорания был выполнен следующий лабораторный опыт. Насыпной слой рассматриваемого образца толщиной 15...20 мм расположен на металлической подложке и помещен в рабочую камеру, предварительно нагретую до температуры 340 °С. С помощью секундомера наблюдаем за процессом, фиксируя изменения и время. На седьмой секунде пошло легкое дымообразование, пламенное горение не наблюдалось. Опыт завершили через 2,5 мин. В области высокой температуры произошло тление образца с обильным выделением дыма. Образец горел в режиме тления, возможно, по причине нехватки кислорода.

Положив в основу формирования критериев оценки нормативный документ РД 03-418—01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, были получены вероятности возникновения самовозгораний в год (табл. 4).

Анализ критериев оценки вероятности показывает, что частый критерий до 300 с — величина, часто рекомендуемая нормативными документами при пожаро-технических испытаниях.

Вероятный критерий до 1 суток — как показывают исследования, период времени, наблюдавшийся по гидрометеорологическим условиям в условиях Западной Сибири свыше 10 раз за сезон: отсутствие ветра, перепада температур, облачности и осадков.

Возможный критерий от 1 до 4 суток, как показывают исследования, период времени, наблюдавшийся по гидрометеорологическим условиям в условиях Западной Сибири до 10 раз за сезон: отсутствие ветра, перепада температур, облачности и осадков.

Редкий критерий от 4 до 5 суток, как показывают исследования, период времени, редко наблюдавшийся по гидрометеорологическим условиям в условиях Западной Сибири: отсутствие ветра, перепада температур, облачности и осадков.

Практически невероятный критерий свыше 5 суток, как показывают исследования, период времени, не наблюдавшийся по гидрометеорологическим условиям Западной Сибири: отсутствие ветра, перепада температур, облачности и осадков.

На основе данных экспериментального определения времени индукции твердых горючих веществ можно определить соответствующие показатели оценки пожарного риска. Данные факторы отдельно или в совокупности будут оказывать влияние на процесс самовозгорания и на развитие пожара соответственно.

1. Климатические факторы — время года, продолжительность штилевой погоды, количество осадков, количество солнечных дней.

2. Влияние факторов на процесс самовозгорания: температура среды, время индукции, факторы теплоотвода, влажность среды и объекта, плотность объекта.

3. Вид природного ландшафта для определенной территории региона Российской Федерации: мокрые болота, сухие торфяные болота, хвойный лес, лиственный лес, смешанный лес.

4. Влияние источников зажигания — естественные или искусственные.

5. Зажигание при наличии антропогенного фактора — размещение промышленно-технологических отходов, мусора с близлежащих свалок.

Таблица 4

Вероятности самовозгораний ландшафтов в Томской области

| Критерий оценки вероятности | Частота возникновения зажиганий в год | Коэффициент концентрации светового потока | Время индукции до появления горения |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| Частый                      | $> 1,4$                               | Свыше 10                                  | До 500 с                            |
| Вероятный                   | $1...10^{-2}$                         | 7...10                                    | До 2 суток                          |
| Возможный                   | $10^{-2}...10^{-4}$                   | 6...7                                     | 1...4 суток                         |
| Редкий                      | $10^{-4}...10^{-6}$                   | 5...6                                     | 45 суток                            |
| Невероятный                 | $< 10^{-6}$                           | До 5                                      | Свыше 4...6 суток                   |

6. Вид и способ самовозгорания — микробиологическое, химическое, температурное.

Первым мероприятием по предотвращению пожаров является профилактическая работа с населением в области пожарной опасности в лесах. Необходимо четко разъяснять правила поведения на природе, показать последствия безответственности. В качестве законодательного способа предлагается введение ужесточений административной ответственности за несоблюдение норм пожарной безопасности. Необходимой мерой становится обеспечение должного ухода за местами сбора и хранения отходов, организация их переработки и утилизации [10].

### Заключение

Проблема в области возникновения и распространения лесных пожаров является актуальной. Наибольшее внимание в настоящее время уделяется вопросам определения времени индукции процесса самовозгорания, что имеет практический интерес: предотвращение возникновения пожаров в условиях природной среды и аварий на производстве. Время индукции вызывает интерес ученых с конца XIX века и по сей день [9, 11]. Наиболее подвергнуты влиянию данного процесса лесная, угледобывающая и углеперерабатывающая отрасли, а также нефтяная и нефтеперерабатывающая промышленность. Как показывает анализ самовозгораний угольных объемов и отложений, лесных материалов и сухостоев, процесс этот многофакторный, и один из основных факторов — время индукции процесса самовозгорания. На процесс самовозгорания в лесу влияют многие факторы окружающей среды, в том числе нефтепродукты.

В ходе исследования с помощью экспериментальной установки определено время индукции процесса самовозгорания веществ и материалов, характеризующий начало развития самовозгорания в природной среде, характерной для лесов Томской области. На основании экспериментального определения времени индукции твердых лесных горючих материалов возможно определение соответствующих показателей оценки пожарного риска. Продукты нефти и нефтепереработки оказывают существенное влияние на процесс самовозгорания.

Получен алгоритм определения времени индукции самовозгорания лесного горючего материала,

результат представлен в виде степенной функции  $y = 8E + 18x^{-7,01}$ , позволяющий прогнозировать развитие определенных событий, процессов, происходящих при пожарах в природной среде, что дает основания для принятия каких-либо предупредительных мероприятий. Данная функция положена в основу формирования показателей оценки пожарного риска.

Практическое значение исследовательской работы состоит в реализации прогностической картины вероятных самовозгораний и принятия соответствующих мер, направленных на предотвращение их возникновения, что устраняет или существенно снижает ущерб, наносимый чрезвычайной ситуацией.

### Список литературы

1. Доррер Г. А. Динамика лесных пожаров. — Новосибирск: Наука СО РАН, 2008. — 404 с.
2. Губский С. В., Зайцев А. М. Причины самовозгорания лесной подстилки в зимний период времени // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. — 2016. — № 9. — С. 133—138.
3. Баратов А. Н., Пчелинцев В. А. Пожарная безопасность. Учебное пособие. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 144 с.
4. Perminov V. A., Rein T. S., Karabtcev S. N. NEM and MFEM Simulation of Interaction between Time-dependent Waves and Obstacles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 81 (2015). 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/81/1/012099.
5. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: Справочник / Под ред. И. В. Рябова. — М.: "Химия", 1970. — 321 с.
6. ГОСТ 12.1.044—89 "Пожаровзрывоопасность веществ и материалов".
7. Чалдаева Е. И., Сечин А. И. Критерии определения показателей оценки пожарного риска очагов возгорания лесных горючих материалов в природных ландшафтах Томской области // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 26—30 октября 2020 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. Е. Н. Пашкова. — Томск: Томский политехнический университет, 2020. — С. 255—256.
8. Чалдаева Е. И., Сечин А. И. Критерии оценки пожарного риска очагов возгорания природных ландшафтов Томской области. Современные проблемы машиностроения сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 28 октября — 1 ноября 2019 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. А. Ю. Арляпова и др. — Томск: Изд-во ТПУ, 2019. — С. 327—330.



9. **Смирнов А. П.** Лесные пожары-2010: причины и следствия // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 11. — С. 13—16.
10. **Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник: в 2 ч. — М. — 713 с.
11. **Perminov V. A., Rein T. S., Karabtcev S. N.** NEM and MFEM Simulation of Interaction between Time-dependent Waves and Obstacles // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 81 (2015) 012099. DOI: 10.1088/1757-899X/81/1/012099.

**Е. И. Chaldaeva**, Postgraduate Student, e-mail: katerino4ka\_94@mail.ru,  
National Research Tomsk Polytechnic University

## Indicators for assessing the Fire Risk of the Impact of Petroleum Products on the Process of Spontaneous Combustion of Forests in the Tomsk Region

*The article presents the results of research on the method of determining the temperature of spontaneous combustion of forest litter (fall of rocks), characteristic of the forests of the Tomsk region. The combustion-extrapolation dependence of the ignition temperature value on the induction time is constructed, depending on the percentage of the forest litter composition, as the main component parameter in determining the combustion in woodlands. A power function is obtained, which serves as the basis for designating fire risk assessment indicators, and the process of the influence of petroleum products on the process of forest spontaneous combustion is also investigated.*

**Keywords:** fire risk, oil product, natural landscapes, spontaneous combustion, forest fires, forest floor

### References

1. **Dorrer G. A.** Dynamics of forest fires. Novosibirsk: Nauka SB RAS, 2008. 404 p.
2. **Gubsky S. V., Zaitsev A. M.** Reasons for spontaneous combustion of forest litter in the winter period of time. *Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Student and Science*. 2016. No. 9. P. 133—138.
3. **Baratov A. N., Pchelintsev V. A.** Fire safety. Textbook. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2006. 144 p.
4. **Perminov V. A., Rein T. S., Karabtcev S. N.** NEM and MFEM Simulation of Interaction between Time-dependent Waves and Obstacles. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 81*. (2015) 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/81/1/012099.
5. **Fire hazard** of substances and materials used in the chemical industry. Handbook / Ed. by I. V. Ryabov. Moscow: Chemistry, 1970. 321 p.
6. **GOST 12.1.044—89** Fire and explosion hazard of substances and materials".
7. **Chaldaeva E. I., Sechin A. I.** Criteria for determining the indicators of fire risk assessment of forest combustible materials in natural landscapes of the Tomsk region. *Modern problems of mechanical engineering proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference*, Tomsk, October 26—30, 2020: / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU); ed. by E. N. Pashkov. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2020. P. 255—256.
8. **Chaldaeva E. I., Sechin A. I.** Criteria for assessing the fire risk of foci of ignition of natural landscapes of the Tomsk region. *Modern problems of mechanical engineering collection of scientific papers of the XII International Scientific and Technical Conference*, Tomsk, October 28—November 1, 2019: / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU); edited by A. Yu. Arlyapov et al. Tomsk: TPU Publishing House, 2019. P. 327—330.
9. **Smirnov A. P.** Forest fires-2010: causes and consequences. *Life safety*. 2013. No. 11. P. 13—16.
10. **Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A.** Pozharovzryvoopasnost substances and materials, and means of their extinguishing. Reference book: in 2 hours. Moscow. 713 p.
11. **Perminov V. A., Rein T. S., Karabtcev S. N.** NEM and MFEM Simulation of Interaction between Time-dependent Waves and Obstacles. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 81* (2015) 012099. DOI: 10.1088/1757-899X/81/1/012099.

УДК 551.506

**Ю. В. Суспицына**, мл. науч. сотр., e-mail: suspitsyna35@yandex.ru,  
Высокогорный геофизический институт, Нальчик

## Тенденция изменения количества осадков за месяц в летний период по годам в районе города Нальчик

*Рассмотрены вопросы, посвященные исследованию количества выпавших осадков в районе г. Нальчик. Фиксирование дождя на данной территории проводилось с помощью сети метеорологических станций. Также рассмотрен вопрос о точности измерений, осуществляемых автоматическими метеостанциями, и показано, что средняя за месяц относительная ошибка измерений составила 1,4 %.*

*Отмечено, что изменение количества осадков за месяц происходит волнообразно от года к году: наиболее обильные осадки выпадают в июне, а самым засушливым является август, если судить в целом за несколько лет. Увеличение или уменьшение осадков по трем летним месяцам в сумме незначительно. Однако при рассмотрении полей осадков за весь период исследования наблюдается тенденция к уменьшению осадков по годам.*

**Ключевые слова:** осадки, автоматическая метеостанция, осадкомер, метеорологические параметры, количество осадков, интенсивность, тенденция, корреляция

### Введение

Главная цель любого метода измерения осадков заключается в получении результатов, репрезентативных для той территории, к которой относятся измерения. Гидрология предъявляет строгие требования к точному измерению количества осадков. Поэтому важными факторами являются выбор места для установки осадкомерного поста, его тип и расположение, а также предотвращение потерь, вызванных испарением, воздействием ветра и разбрызгиванием. Для применения более сложных методов, например с использованием метеорологических радаров и спутников, необходимо учитывать погрешность измерения и проводить тарировку с наземной сетью.

Целью данного исследования является определение изменения слоя осадков за месяц по годам в летний период времени. Осадки — основной источник влаги для сельскохозяйственных полей. Непосредственное воздействие осадков на растения может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от фазы развития растений, их состояния, интенсивности и продолжительности самих осадков.

Частые интенсивные дожди в период цветения всех сельскохозяйственных культур смывают

пыльцу, препятствуют лету насекомых, что в значительной мере усугубляет условия опыления, приводит к преждевременному опадению цветков.

Главнейший источник влаги в почве — это осадки, выпавшие и накопленные за осенний и зимний период. Исключительно большое влияние на урожай многих видов культур имеют июньские осадки. Отсутствие их не может быть компенсировано осадками в другие месяцы. При отсутствии дождей в этот период урожайность резко снижается. Для пропашных культур осадки необходимы во вторую половину лета, в период формирования урожая. Для озимых важно выпадение осадков в осенние месяцы; их отсутствие тормозит прорастание семян, появление всходов растений и их развитие.

Частые и обильные осадки, особенно во время уборки урожая, оказывают негативное действие и приводят к потерям урожая. Избыток осадков в период вегетации задерживает развитие растений, способствует распространению различных болезней. Крайне неблагоприятны для сельского хозяйства ливневые осадки. Большая часть их стекает, не успевая проникнуть в почву. Ливни разбивают комки почвы и способствуют образованию корки.

В то же время длительное отсутствие осадков обуславливает засуху. Даже в районах

достаточного увлажнения отсутствие дождей в течение 8—10 дней в июне—августе вызывает недостаток влаги в пахотном слое почвы. Более длительное время без осадков при высокой температуре приводит к пересыханию пахотного слоя почвы. Растения в этих условиях замедляют накопление органического вещества. Они начинают увядать, затем засыхают листья и органы плодonoшения. У зерновых культур образуется шуплое зерно, у плодовых — опадают плоды.

Таким образом, для сельского хозяйства важно иметь данные не только о количестве выпавших осадков, но и о распределении их по времени, чтобы ориентировочно учесть влияние осадков на урожай, а также для выявления зон с наименьшим выпадением осадков в целях активного воздействия по вызыванию осадков над данным районом [1, 2].

### Материалы и методы исследования

Для наземных измерений была задействована сеть, состоящая из 10 малогабаритных автоматических метеостанций Vantage Pro. Автоматическая метеостанция, показанная на рис. 1, выполняет все измерения в непрерывном режиме, что позволяет проводить постоянный мониторинг метеорологических данных [3, 4].

Многофункциональный метеорологический комплекс Vantage Pro оснащен датчиками

измерения: атмосферного давления, температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости и направления ветра, температуры точки росы, количества и интенсивности осадков с интервалом опроса датчиков от 2,5 секунд. Уникальный алгоритм прогноза погоды учитывает атмосферное давление и температуру, влажность, скорость и направление ветра, количество осадков, координаты места расположения метеоконтекста, время года. На экране отображаются графики изменения метеопараметров, 35 звуковых предупреждений на выбранные функции [5].

Для измерения количества осадков в работе данной метеостанции используется метод с опрокидывающимися ведрами. Вода через воронку и узкое отверстие попадает в одну из двух небольших емкостей, подвешенных на концах коромысла. Емкость закреплена так, что когда наполняется водой, опрокидывается и вода выливается. В этот момент дождевая вода начинает заполнять вторую емкость. Когда и вторая емкость оказывается заполненной, то также опрокидывается и освобождается от воды, в то время как первая емкость возвращается в исходную позицию. Число опрокидываний емкостей регистрируется. Так как количество дождевой воды, необходимой для заполнения одной емкости известно, общее количество осадков может быть определено умножением количества воды в емкости на число опрокидываний за определенный интервал времени.

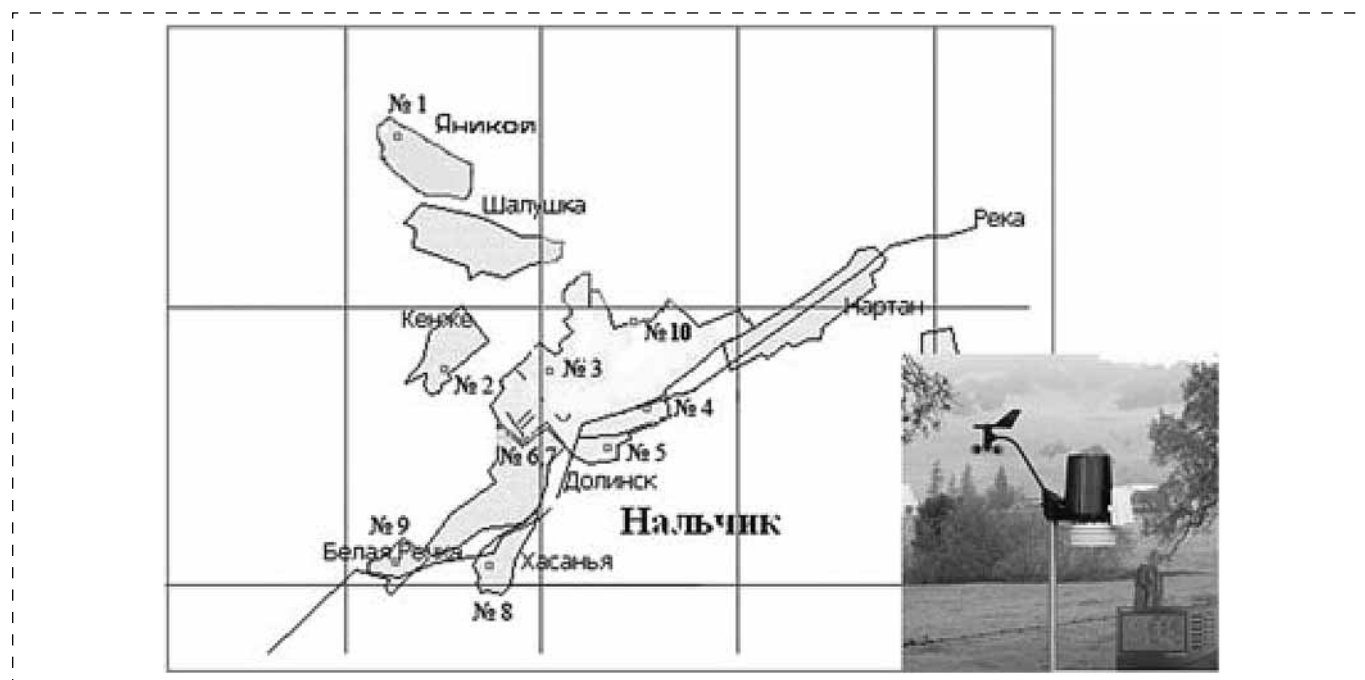


Рис. 1. Места расположения метеостанций

## Результаты

С помощью автоматических метеостанций в каждый день наблюдений были получены и занесены в базу данных величины основных метеорологических параметров: температура и влажность воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра. Кроме того, каждая метеостанция, оборудованная осадкомером,

выдавала значения интенсивности и суммы осадков. На рис. 2 приведен временной ход приземной температуры, относительной влажности и интенсивности осадков по данным трех автоматических метеостанций 2, 3 и 4, показания которых — интенсивность и сумма осадков, были схожи [6, 7].

Важным вопросом при использовании автоматических метеостанций является наличие данных точности, с которой они измеряют осадки. Для

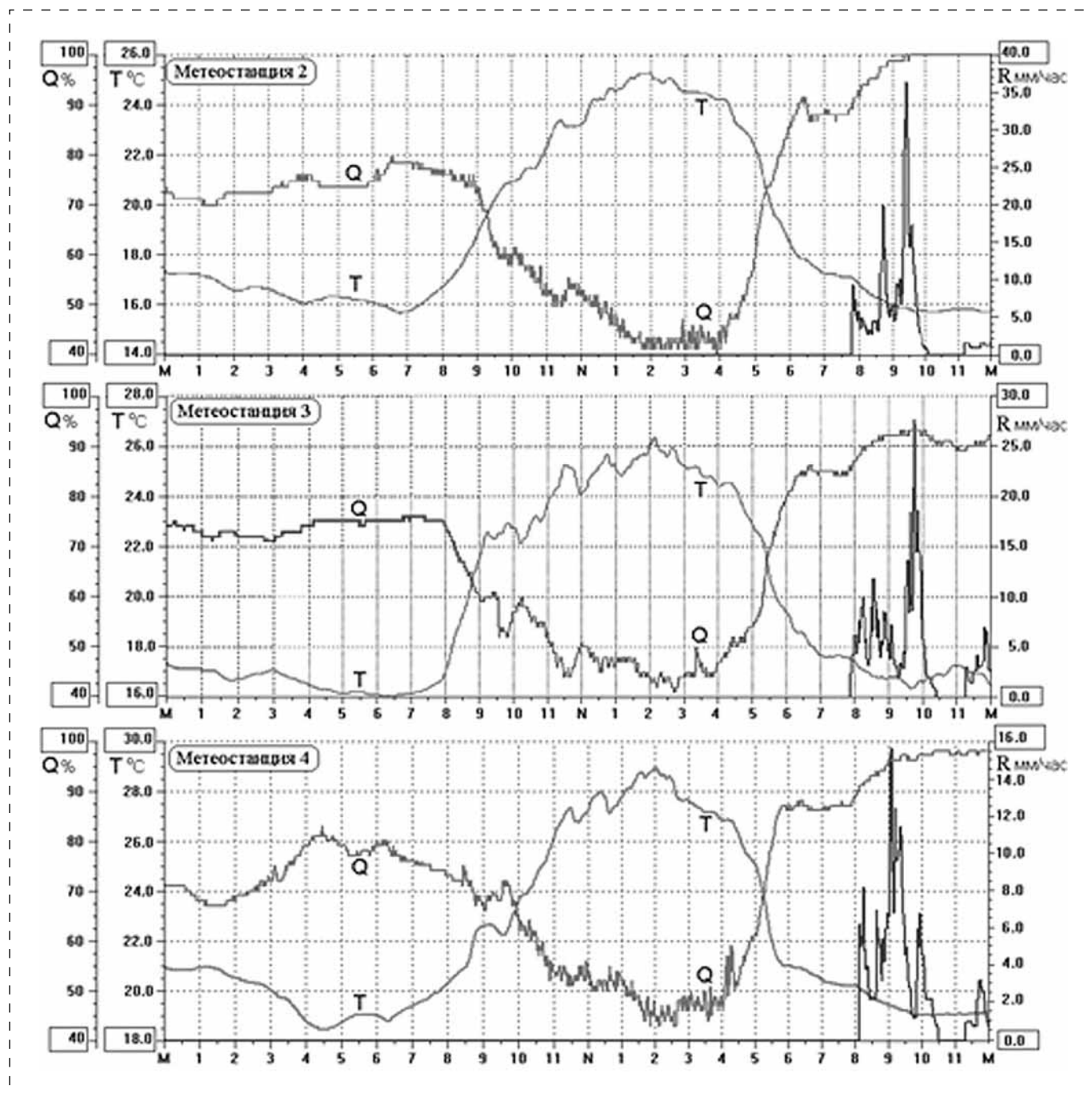


Рис. 2. Временной ход приземной температуры  $T$ , относительной влажности  $Q$  и интенсивности осадков  $R$  по данным трех автоматических метеостанций 2, 3 и 4

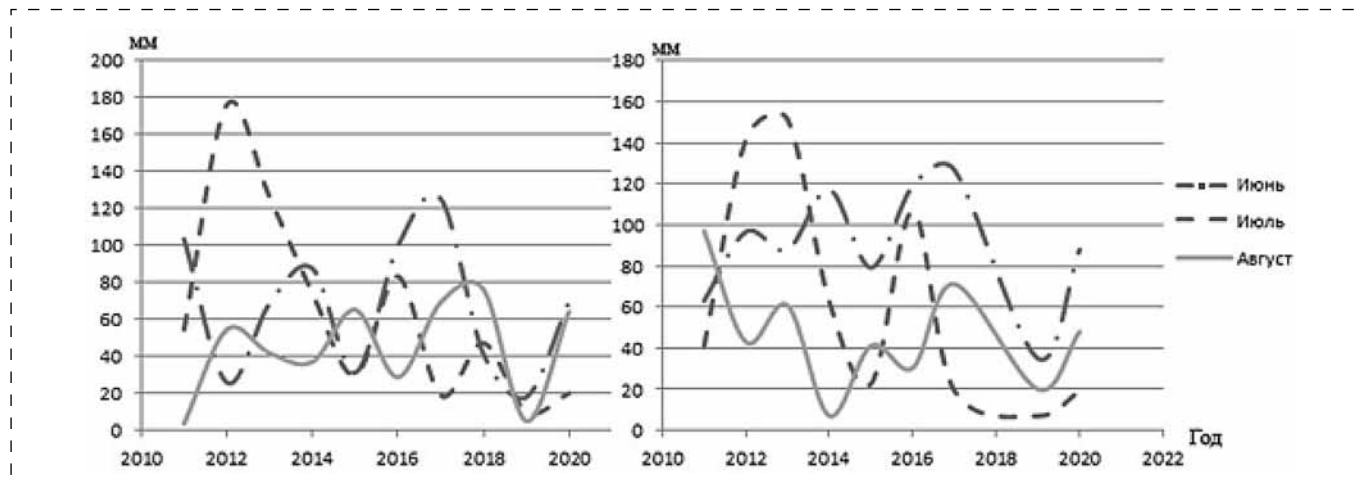


Рис. 3. Изменение выпавших осадков по месяцам по двум метеостанциям 2 и 6, находящихся на расстоянии 4 км

выяснения этого на территории ВГИ в непосредственной близости друг от друга, на расстоянии 7 м были установлены две метеостанции. Данные измерений суммарных осадков, полученные с обеих метеостанций, за все время наблюдений показали, что средняя за месяц относительная ошибка измерений составила 1,4 %, а максимальная относительная ошибка измерений — 16,7 %.

Проведенные сравнения данных измерений двух расположенных рядом осадкомеров показали, что автоматические осадкомеры обладают приемлемой точностью измерения осадков [8, 9]. Многие ошибки в показаниях осадкомеров определяются паспортной погрешностью прибора 0,2 мм. Другие погрешности связаны с большой неоднородностью структуры осадков, проявившейся на расстоянии 7 м.

Как известно, осадки неоднородны и судить по данным одной метеостанции о распределении осадков на местности не представляется возможным, но в целом по этим данным можно судить о распределении осадков по месяцам. Как показали результаты измерений по каждой метеостанции в отдельности, общая картина распределения осадков по месяцам схожа (рис. 3).

Из графиков на рис. 3 видно, что изменение количества осадков за месяц происходит волнообразно от года к году. Если судить по данным в целом за несколько лет, то наиболее обильные осадки выпадают в июне, а самым засушливым является август, хотя пиковые значения за отдельные годы могут отличаться. Увеличение или уменьшение осадков по трем летним месяцам в сумме незначительно. Однако при рассмотрении полей осадков за весь период исследования

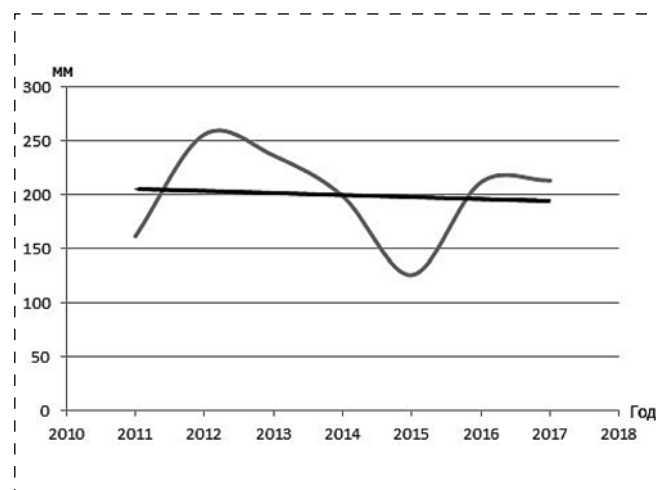


Рис. 4. Сумма осадков по трем летним месяцам

наблюдается тенденция к уменьшению осадков по годам (рис. 4). График построен на основе средних значений сумм осадков за три летних месяца по всем метеостанциям.

Оценка репрезентативности рассматриваемого ряда наблюдений проводится в тех случаях, когда продолжительность наблюдений составляет не менее 10—15 лет, а по оценкам некоторых ученых должна быть не менее 30 лет.

## Выводы

В заключение можно отметить, что показания наземной сети метеостанций хорошо коррелируют между собой и дают довольно точные данные, средняя за месяц и максимальная относительная ошибка измерений составила 1,4 % и 16,7 %

соответственно. Представлены распределения слоев осадков за каждый из летних месяцев с 2011 по 2020 годы в г. Нальчике. Изменение количества осадков за месяц происходит волнообразно от года к году. При рассмотрении полней осадков за весь период исследования наблюдается тенденция к уменьшению осадков по годам.

### Список литературы

1. Лиев К. Б., Инюхин В. С., Долова М. Л., Думаева Л. В. О точности радиолокационных измерений суммарного количества атмосферных осадков на территории Кабардино-Балкарии по данным 2010–2011 годов // Инженерные изыскания. — 2012. — № 8. — С. 50–54.
2. Абшаев М. Т., Инюхин В. С., Лиев К. Б. Некоторые результаты измерения дождей радиолокационным и наземным методами // Труды ВГИ. — 2005. — Вып. 92. — С. 121.
3. Лиев К. Б., Малкаров А. С. Сопоставление радиолокационных и наземных измерений осадков по результатам 2010 года в горных районах Кабардино-Балкарии // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2011. — № 6. — С. 36–40.
4. Суспицына Ю. В. Сравнительный анализ результатов аэрологического зондирования температуры и влаж-

ности воздуха с данными сети метеостанций // Наука и практика в XXI веке. — 2019. — С. 162–168.

5. Лиев К. Б., Долова М. Л., Кушев С. А. Сравнительный анализ количества осадков в летний период 2014 г. в центральной части Северного Кавказа // Метеорология и гидрология. — 2017. — № 8. — С. 105–109.
6. Инюхин В. С., Лиев К. Б., Суспицына Ю. В., Кушев С. А., Березинский И. Н. Радиолокационные характеристики градовых облаков. Доступ из локальной сети ФГБУ "ВГИ". (Дата обращения: 15.02.2021).
7. Инюхин В. С., Лиев К. Б., Березинский И. Н., Капитанников А. В. Программа считывания метеорологических данных с метеостанции DavisVantagePro 2 и передачи их на FTP сервер специализированной сети. — Программа для ЭВМ. — Свидетельство о государственной регистрации № 2018615178. Дата 27.04.2018. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
8. Инюхин В. С., Кушев С. А., Лиев К. Б., Сулов В. В. Разработка регионального ситуационного центра по мониторингу и прогнозу опасных гидрометеорологических процессов // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных. — 2015. — № 180. — С. 121–133.
9. Лиев К. Б. Результаты апробации радиолокационного метода оповещения о ливневых паводках на Северном Кавказе // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2010. — № 5. — С. 41–44.

**Yu. V. Suspitsyna**, Junior Researcher, e-mail: suspitsyna35@yandex.ru, High-mountain Geophysical Institute, Nalchik

## The Trend of Changes in the amount of Precipitation per Month in the Summer Period by Year in the Area of Nalchik

*This article discusses the issues related to the study of the amount of precipitation in the area of Nalchik. Rain was recorded in this area using a network of weather stations. The question of the measurement accuracy of automatic weather stations was also considered, and it was shown that the average monthly relative measurement error was 1,4 %.*

*It was shown that the change in the amount of precipitation per month occurs in waves from year to year. Also, the most abundant precipitation falls in the month of June, and the driest is the month of August, if judged as a whole for several years. The increase or decrease in precipitation for the three summer months in total is insignificant. However, when considering the precipitation fields for the entire period of the study, there is a tendency to decrease precipitation over the years.*

**Keywords:** precipitation, automatic weather station, precipitation meter, meteorological parameters, precipitation amount, intensity, trend, correlation

### References

1. Lиев К. Б., Инюхин В. С., Долова М. Л., Думаева Л. В. О точности радиолокационных измерений суммарного количества атмосферных осадков на территории Кабардино-Балкарии

по данным 2010–2011 годов. *Inzhenernye izyskaniya*. 2012. No. 8. P. 50–54.

2. Abshaev M. T., Inyuhin V. S., Lиев К. Б. Nekotorye rezul'taty izmereniya dozhdjev radiolokacionnym i nazemnym metodami. *Trudy VGI*. 2005. V. 92. P. 121.



3. **Liev K. B., Malkarov A. S.** Sopostavlenie radiolokacionnyh i nazemnyh izmerenij osadkov po rezul'tatam 2010 goda v gornyh rajonah Kabardino-Balkarii. *Izvestiya vuzov Severo-Kavkazskij region. Estestvennye Nauki*. 2011. No. 6. P. 36—40.
4. **Suspitsyna Yu. V.** Sravnitel'nyj analiz rezul'tatov aerologicheskogo zondirovaniya temperatury i vlazhnosti vozduha s dannymi seti meteostancij. *Nauka i praktika v XXI veke*. 2019. P. 162—168.
5. **Liev K. B., Dolova M. L., Kushchev S. A.** Sravnitel'nyj analiz kolichestva osadkov v letnij period 2014 g. v central'noj chasti Severnogo Kavkaza. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2017. No. 8. P. 105—109.
6. **Inyukhin V. S., Liev K. B., Suspitsyna Yu. V., Kushchev S. A., Berezinsky I. N.** Radar characteristics of hail clouds [Electronic resource]: Database. Access mode: closed. Access from the local network of the Federal State Budgetary Institution "VGI" (date of accesse 15.02.2021).
7. **Inyukhin V. S., Liev K. B., Berezinsky I. N., Kapitannikov A. V.** Program for reading meteorological data from the DavisVantagePro 2 weather station and transmitting them to the FTP server of a specialized network. Computer program. Certificate of state registration No. 2018615178. Date 27.04.2018. 1 electron. opt. disk (CD-ROM).
8. **Inyuhin V. S., Kushchev S. A., Liev K. B., Suslov V. V.** Razrabotka regional'nogo situacionnogo centra po monitoringu i prognozu opasnyh gidrometeorologicheskikh processov. *Trudy Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrometeorologicheskoy informacii — Mirovogo centra dannyh*. 2015. No. 180. P. 121—133.
9. **Liev K. B.** Rezul'taty aprobacii radiolokacionnogo metoda opoveshcheniya o livnevnyh pavodkah na Severnom Kavkaze. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki*. 2010. No. 5. P. 41—44.

## Информация

### **Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на второе полугодие 2021 г.**

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

**Подписной индекс по Объединенному каталогу  
"Пресса России" — 79963**

Сообщаем, что с 2020 г. возможна подписка  
на электронную версию нашего журнала.

Подписку на электронную версию журнала можно оформить через  
ООО "ИВИС", тел.: +7 (495) 777-65-57, 777-65-58; e-mail: [sales@ivis.ru](mailto:sales@ivis.ru)  
и Агентство "Урал-Пресс" <http://ural-press.ru> (индекс 013312)

Для оформления подписки следует обратиться в филиал агентства по месту жительства

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

Тел.: +7 (499) 269-53-97, (499) 269-55-10. E-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru)

**Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"**

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

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

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

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

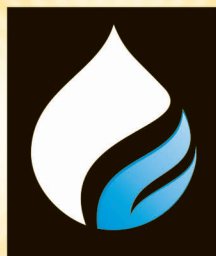
Сдано в набор 04.06.21. Подписано в печать 21.07.21. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ821.  
Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания  
и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансд солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансд солишнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)

**28–29 сентября**



**г. Нижневартовск**  
Дворец Искусств, ул. Ленина, 7

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА**

# **НИЖНЕВАРТОВСК НЕФТЬ. ГАЗ-2021**

**совместно с форсайт-форумом  
«Нефтегаз-2021. Инновации. Экология. Климат»**

**Разделы выставки:**

- ✓ Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.
- ✓ Оборудование для бурения, строительства скважин и трубопроводов, добычи нефти и газа.
- ✓ Новые технологии и оборудование хранения, транспорта, переработки и распределения природного газа и нефти.
- ✓ Насосы, компрессорное оборудование.
- ✓ Контрольные и измерительные приборы.
- ✓ Новые методы и оборудование для геологии и геофизики.
- ✓ Строительство объектов для нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, газовой и химической промышленности.
- ✓ Специальные технологии и материалы для работы в условиях Севера.
- ✓ Энергетическое оборудование.
- ✓ Транспортные средства. Грузовая и спецтехника.
- ✓ Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.
- ✓ Промышленная безопасность. Охрана труда и техника безопасности, спецодежда, средства защиты.
- ✓ Средства связи, телекоммуникации и сигнализации.
- ✓ Противопожарная техника.

**Выставочная компания Сибэкспосервис**

**Телефон/факс:**  
**+7 (383) 335-63-50**

**СИБ *Expo* SERVICE**

**E-mail: [vk ses@yandex.ru](mailto:vk ses@yandex.ru)**  
**[www.ses.net.ru](http://www.ses.net.ru)**

# Издательство «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» выпускает научно-технические журналы

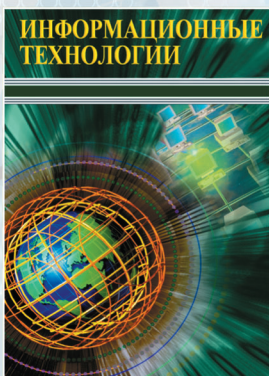


Научно-практический и учебно-методический журнал

## БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В журнале освещаются достижения и перспективы в области исследований, обеспечения и совершенствования защиты человека от всех видов опасностей производственной и природной среды, их контроля, мониторинга, предотвращения, ликвидации последствий аварий и катастроф, образования в сфере безопасности жизнедеятельности.

Подписной индекс по Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79963



Ежемесячный теоретический  
и прикладной научно-  
технический журнал

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития основных направлений в области разработки, производства и применения информационных технологий.

Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 72656

Междисциплинарный  
теоретический и прикладной  
научно-технический журнал

## НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития нано- и микросистемной техники, рассматриваются вопросы разработки и внедрения нано микросистем в различные области науки, технологии и производства.



Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79493



Ежемесячный теоретический  
и прикладной  
научно-технический журнал

## МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

В журнале освещаются достижения в области мехатроники, интегрирующей механику, электронику, автоматику и информатику в целях совершенствования технологий производства и создания техники новых поколений. Рассматриваются актуальные проблемы теории и практики автоматического и автоматизированного управления техническими объектами и технологическими процессами в промышленности, энергетике и на транспорте.

Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 79492

Теоретический  
и прикладной  
научно-технический журнал

## ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

В журнале освещаются состояние и тенденции развития основных направлений индустрии программного обеспечения, связанных с проектированием, конструированием, архитектурой, обеспечением качества и сопровождением жизненного цикла программного обеспечения, а также рассматриваются достижения в области создания и эксплуатации прикладных программно-информационных систем во всех областях человеческой деятельности.



Подписной индекс по  
Объединенному каталогу  
«Пресса России» – 22765

Адрес редакции журналов для авторов и подписчиков:  
107076, Москва, Стромьинский пер., 4. Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ".  
Тел.: (499) 269-55-10, 269-53-97. E-mail: antonov@novtex.ru