



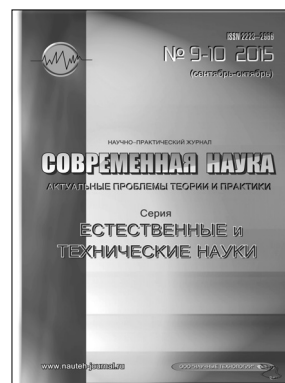
СОВРЕМЕННАЯ НАУКА :  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 9–10 2015 (сентябрь–октябрь)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Scientific and practical journal



В НОМЕРЕ:

ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ  
И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ  
ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ОВОЩЕВОДСТВО, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ  
И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ  
ОЗЕЛЕНЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ,  
ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И БОРЬБА С НИМИ  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

Редакция:

Главный редактор

**А.В. Царегородцев**

Выпускающий редактор

**Ю.Б. Миндлин**

Верстка

VIP Studio ИНФО ( <http://www.vipstd.ru> )

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» – 80016

В течение года можно произвести  
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука: Актуальные проблемы  
теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ»  
тел./факс: (495) 973–8296

Подписано в печать 27.10.2015 г.  
Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

### Редакционный совет

- А.В. Царегородцев** – д.т.н., профессор Российской государственной гуманитарной университет
- Ю.Б. Миндлин** – к.э.н., доцент Московский государственный машиностроительный университет
- М.М. Безрукова** – д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
- Н.Н. Грачев** – профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),
- А.И. Гусева** – д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.Я. Качанов** – д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
- А.И. Квасов** – д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно–Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- С.М. Надежкин** – д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
- Б.А. Прудковский** – д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА",
- С.Э. Саркисов** – д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
- В.В. Сергиевский** – д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.П. Симоненков** – д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

### Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научные технологии»  
Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр–т, 116–1–10  
Тел/факс: 8(495) 755–1913  
E-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>  
<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77–44912 от 04.05.2011 г.

ISSN 2223-2966



## ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Д.Б. Кодиров, Ж.А. Нормуминов** – Выбор мощности Микро-ГЭС на основе индивидуального фактора  
*D. Kodirov, J. Normuminov* – Choice of power of Micro Hydroelectric Power station on the basis of individual factor ... 3

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ

- А.А. Шалаев** – Модель эквивалентных преобразований алгоритмов в самоорганизующейся информационной системе  
*A. Shalaev* – Equivalent algorithm transformations model in a self-organizing information system ..... 7

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Г.Н. Колесников** – Применение численного моделирования при решении технологических задач переработки круглых лесоматериалов  
*G. Kolesnikov* – Application of numerical simulation for solutions of technological problems of processing roundwood ..... 15

- И.Е. Румянцева** – Конструкции с односторонними связями: краткий обзор методов расчета и приложений в инженерных задачах  
*I. Rumyantseva* – Structures with unilateral constraints: an overview of calculation methods and their applications in engineering problems ..... 18

- Н.А. Семькина** – Математическое моделирование защиты компьютерной сети с помощью динамического карантина  
*N. Semykina* – Mathematical modeling of computer network security system using dynamic quarantine ..... 21

## ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель, А.Ф. Морозов, С.И. Паршин** – Экологический контроль на опасном производственном объекте  
*D. Barybin, Y. Abel, A. Morozov, S. Parshin* – Environmental monitoring at hazardous production facilities ..... 24

- Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель, А.Ф. Морозов, С.И. Паршин** – Промышленная безопасность на объектах в горнорудной промышленности  
*D. Barybin, Y. Abel, A. Morozov, S. Parshin* – Industrial safety at facilities in the mining industry ..... 27

- В.Н. Данилов, А.Н. Дерунов, И.И. Муравская, Н.М. Ларочкина** – Экспертиза промышленной безопасности кислородопроводов  
*V. Danilov, A. Derunov, I. Muravskaya, N. Larochkina* – Examination of industrial safety of oxygen pipelines ..... 30

- В.Н. Данилов, А.Н. Дерунов, И.И. Муравская, Н.М. Ларочкина** – Экспертиза промышленной безопасности гелиевых баллонов объемом от 100 л.  
*V. Danilov, A. Derunov, I. Muravskaya, N. Larochkina* – Industrial safety expertise Helium cylinder volume from 100 L ..... 32

- В.В. Ковалев, М.В. Сячин, А.А. Анисимов, Е.А. Могилевцев, А.Ю. Шилеева** – Влияние значений твердости на механические свойства металлов  
*V. Kovalev, M. Syachin, A. Anisimov, E. Mogilevtsev, A. Shileyeva* – Effect of hardness on the mechanical properties of metals ..... 34

- С.В. Кульчицкий, Д.В. Третьяк, М.Г. Галиев, А.Г. Данилов, Э.А. Грачев** – Мониторинг технического состояния промышленных зданий и сооружений с истекшим сроком эксплуатации  
*S. Kulchitsky, D. Tretiak, M. Galiev, A. Danilov, E. Grachev* – Monitoring of the technical state of industrial buildings and constructions of expired operation ..... 37

- А.Ю. Орешкин, Д.А. Шлячков, А.Б. Юшков** – Особенности экспертизы промышленной безопасности технологического оборудования химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности  
*A. Oreshkin, D. Shlychkov, D. Shlychkov* – Features of examination of industrial safety of technological equipment (vessels and equipment) chemical, petrochemical and refining industries ..... 39

- А.Е. Стародубцев, С.В. Арчаков, Д.В. Куранов** – Основные виды коррозионных разрушений сварных соединений оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий  
*A. Starodubcev, S. Archakov, D. Kuranov* – Main types corrosion destruction welds equipment petrochemical and oil refinery ... 42

- М.А. Шарантйлов, Е.А. Могилевцев, А.Ю. Шилеева, Н.В. Мусина, А.Н. Зюхин** – Обеспечение выполнения мероприятий, указанных в заключении экспертизы промышленной безопасности – обязанность руководителя эксплуатирующей организации  
*M. Sharantilov, E. Mogilevtsev, A. Shileyeva, N. Musina, A. Zyuhin* – Enforcement activities described in the conclusion of examination of industrial safety – the duty of the head of the operating organization ..... 45

## ОВОЩЕВОДСТВО

- А.С. Соколов** – Целесообразность применения декапитации растений капусты брюссельской в условиях Крыма  
*A. Sokolov* – Expedience of decapitation plants of brussels sprouts plants in the Crimea ..... 48

## АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ И ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

- А.В. Терешкин, Т.А. Андрушко, В.И. Петров, А.В. Семенютин** – Биологическая эффективность применения кустарников в насаждениях зеленых зон населенных пунктов  
*A. Tereshkin, T. Andrushko, V. Petrov, A. Semenyutina* – Bioecological effectiveness of bushes in plantations green zones settlements ..... 51

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА

- М.Ю. Сапожников, Н.В. Спасова, Л.А. Любовева, А.А. Сапожникова** – Уровень серотонина в форменных элементах крови больных стенокардией напряжения в процессе лазеротерапии  
*M. Sapozhnikov, N. Spassova, L. Lyubovtseva, A. Sapozhnikova* – Serotonin levels in the blood cells of patients angina during laser therapy ..... 64

## ИНФОРМАЦИЯ

- Наши Авторы / Our Authors ..... 68  
 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале ..... 70

## ВЫБОР МОЩНОСТИ МИКРО-ГЭС НА ОСНОВЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ФАКТОРА

### CHOICE OF POWER OF MICRO HYDROELECTRIC POWER STATION ON THE BASIS OF INDIVIDUAL FACTOR

*D. Kodirov  
J. Normuminov*

#### Annotation

In article the analysis of opportunity and effective use of micro hydroelectric power station is carried out. With their help it is possible to provide with the electric power the population of the remote and mountainous areas, and also farms. It is much cheaper and more profitable, than the construction of power lines or operation of diesel installations.

**Keywords:** micro hydroelectric power station, generator, water consumption, stream section, diameter of the driving wheel, turbine, number of turns of the turbine, quantity of turns, stream speed.

**Кодиров Дилшод Ботирович**

*Мл. научный сотрудник,  
Институт энергетики и автоматизи-  
кации, Академия наук Республики Узбекистан*  
**Нормуминов Жахонгир Абдусамиевич**  
*Мл. научный сотрудник,  
Институт энергетики и автоматизи-  
кации, Академия наук Республики Узбекистан*

#### Аннотация

В статье проведен анализ возможности и эффективного использования микро ГЭС. С их помощью можно обеспечить электроэнергией население отдаленных и горных районов, а также фермерские хозяйства. Это значительно дешевле и выгоднее, чем строительство линий электропередач или эксплуатация дизельных установок.

#### Ключевые слова:

Микро гидроэлектростанция, генератор, расход воды, сечение потока, диаметр рабочего колеса, турбина, число оборотов турбины, количество оборотов, скорость потока.

**А**ктуальной задачей разработка технического средства для снабжения электрической энергией индивидуальных потребителей. Такие средства давно известны и их можно разделить на свободно-поточные микро ГЭС и деривационные. Вторые требуют сооружения подводящего канала и напорного водовода. Ввиду этого мы их исключили из нашего рассмотрения и обосновали методики расчетов системы с малым гидростатическим напором для альтернативного электроснабжения объектов возле водных потоков, со съёмом энергии водного потока без строительства гидротехнических сооружений.

Методика расчетов мощностей текущей воды характеризуются величиной расхода и скоростью течения. Русло потока – площадью поперечного сечения и уклоном.

Количество электроэнергии, получаемой на каком-то конкретном месте свободного потока приводящего в движение турбину микро ГЭС можно рассчитать, используя следующие уравнения [1]:

$$N = 0,098 Q \cdot H \quad (1)$$

$$n = Q \cdot s \cdot g \cdot H \quad (2)$$

$$Q = \pi \cdot d^2 \cdot \frac{v}{4} \quad (3)$$

$$N_{стр} = \pi \cdot d^2 \cdot s \cdot \frac{v^3}{\eta} \cdot 8 \quad (4)$$

где

$N$  – мощность (кВт);

$Q$  – расход воды (л / сек);

$H$  – полный гидростатический напор (м);

$n$  – скорость вращения работающего рабочего колеса – турбины (об/мин.);

$N_{стр}$  – мощность струи потока;

$S$  – сечение потока (м<sup>2</sup>);

$g = 9,8$  м/с, скорость свободного падения;

$d$  – диаметр рабочего колеса (м);

$v_{вх}, v_{вых}$  – скорости течения входа и выхода в рабочих колесах (м/сек).

С учётом напора  $H$  мощность потока [1]:

$$N_n = p \cdot Q \cdot \left[ g \cdot H + \frac{(v_{вх}^2 - v_{вых}^2)}{2} \right] \quad (5)$$

А при учёте КПД турбины с двигателем мощность микро ГЭС равна

$$P_{ГЭС} = 0,98\eta \cdot P_n \quad (6)$$

Для начала, предположим, что КПД системы равняется 50 %, т.е.

$$\eta = 0,5$$

Затем, для определения количества получаемой электроэнергии, используется формула:

$$N = 0,5 Q \cdot H$$

Таким образом, необходимый для получения данного количества энергии гидростатический напор равен:

$$H = 2N \cdot Q$$

Например: при  $J = 0,2\text{м}$ ,  $v = 5\text{м/сек}$  и  $\Pi = 0,8$  количество получаемой электроэнергии составляет  $N = 2,0\text{кВт}$ .

Величина гидростатического напора может быть значительной (как в водопаде) или небольшой. Реально получается, что энергия будет зависеть от того, насколько эффективно вода доставляется от вершины конструкции до ее основания (зависит от длины, размера и типа используемой трубы). Затем насколько эффективно энергия конвертируется в электричество.

Далее, электроэнергия передается от генератора до места использования – жилые здания, оборудование, и т.д. На этом участке также теряется часть энергии. Обычно высокоэффективная энергосистема требует более высоких затрат.

При условии, что система обладает достаточным гидростатическим напором и расходом (дебитом) воды, рассматриваются другие аспекты – затраты на рабочую силу, материалы и проч. В каждом отдельном случае эти компоненты широко разнятся.

Пример. Исходные данные:

$$Q = 3,0 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$H = 1,5 \text{ м};$$

$$v_{\text{ex}} = 6 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{вых}} = 2 \text{ м/с},$$

$$\eta = 0,8 \text{ и плотность жидкости } \rho = 10.$$

Определяем количество вырабатываемой электроэнергии:

$$N_{\text{турб}} = n \cdot N \cdot Q \cdot \left[ g \cdot H + \frac{(v_{\text{вх}}^2 - v_{\text{вых}}^2)}{2} \right] =$$

$$= 0,8 \cdot 10^3 \cdot 3 \left[ 9,8 \cdot 1,5 + \frac{(6^2 - 2^2)}{2} \right] = 73,7 \text{ кВт}$$

Обычно производятся эвристические расчеты с учё-

том коэффициента подобия, связывающих геометрическое, кинематическое и динамическое подобие модельных и реальных турбин по числам Рейнольдса и Фруда (соотношение сил инерции к силам веса).

Основными параметрами являются:  $H$ ,  $Q$ ,  $N$ ,  $n$  и  $D_1$  – основной максимальный диаметр рабочего колеса.

1. Связь скорости вращения турбины с диаметром рабочего колеса[2].

$$\frac{n_a}{n_b} = \frac{D_{1b} \cdot \sqrt{H_a}}{D_{1a} \cdot \sqrt{H_b}} \quad (7)$$

где

$a$  и  $b$  – постоянные величины режима скорости прохода воды через турбину.

2. Расходы двух подобных турбин[2]

$$\frac{Q_a}{Q_b} = \frac{D_{1a}^2 \cdot \sqrt{H_a}}{D_{1b}^2 \cdot \sqrt{H_b}} \quad (8)$$

где

$Q_a$  и  $Q_b$  – величины расхода воды через турбину

Мощности двух подобных турбин, одна из которых имеет  $D_1 = 1 \text{ м}$ ,  $H = 1 \text{ м}$  и приведённые величины оборотов, расхода и мощности по известным формулам:

$$\text{количество оборотов ; } n = \frac{60u}{\pi D_1}$$

где  $u$  – окружная скорость,

$$\text{и скорость потока; } V = \varphi \sqrt{2gH}$$

где  $\varphi$  – вязкость потока.

Турбина, использующая потенциальную и кинетическую энергию потока жидкости получает[2]:

$$E_{\text{раб}} = \frac{P}{\gamma} + \frac{aV^2}{2g} \quad (9)$$

$$n_1^1 = \frac{nD_1}{\sqrt{H}} \quad (10)$$

$$Q_1^1 = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} \quad (11)$$

$$N_1^1 = \frac{N}{D_1^2 H \sqrt{H}} \quad (12)$$

где:

$E_{\text{раб}}$  – энергия струи,

$n_1^1$  – быстроходность турбины,

$Q_1^1$  – расход через турбины и

$N_1^1$  – мощность по 1-му приближению.

С учётом КПД получается во втором приближении[2]:

$$n = n_1^1 \cdot \frac{\sqrt{H}}{D_1} \cdot \sqrt{\frac{\eta_T}{\eta_M}} \quad (13)$$

$$Q = Q_1^1 \cdot D_1^2 \cdot \sqrt{H} \cdot \sqrt{\frac{\eta_T}{\eta_M}} \quad (14)$$

$$N = N_1^1 \cdot D_1^2 \cdot H \cdot \sqrt{H} \cdot \frac{\eta_T}{\eta_M} \sqrt{\frac{\eta_T}{\eta_M}} \quad (15)$$

Исходя из вышеизложенных расчетов коэффициент быстроходности турбины, т.е. число оборотов турбины развивающей мощность в 1 лошадиную силу (730 Вт) при напоре в 1 метр определяется по простой формуле[2].

$$n_s = \frac{n \sqrt{N_{\text{лош.сил}}}}{H \sqrt[4]{H}} \quad (16)$$

На основе этих формул можно сделать вывод, что большое количество разных типов микро ГЭС приводит к необходимости проводить модельные испытания вновь разрабатываемых типов турбин и устройств съема энергии потока, а затем приступать к изготовлению наиболее рациональных вариантов.

Свободно–поточные микро ГЭС должны обеспечивать по результатам наших исследований и опросов мощности от одного до 7 кВт. Условия установки микро ГЭС на горных реках и крупных каналах, арыках и водотоках с преимущественно большой скоростью течения (от 1,7 до 2,5 м/сек и более). Предварительные расчеты, произведенные по вышеизложенным формулам показали, что мощность микро ГЭС для индивидуальных потребителей в быту не более 5 кВт можно получить на струе поперечным сечением около 0,3–0,5 м<sup>2</sup> со скоростью около 2,0... 2,5 м/сек.

Использование энергии малых рек сулит существенные выгоды по снабжению электрической энергией индивидуальных потребителей. Поэтому, создание нового технического средства для выработки электрической энергии в малых количествах на водных потоках с малым расходом, но большой энергией, позволит улучшить быт сельчан, дачных поселков, фермерских хозяйств, мельниц, хлебопекарен. А также небольших производств в отдаленных, горных и труднодоступных районах, электрифицировать стрижку овец там, где нет поблизости линии электропередач, для индивидуальных потребителей. Этому способствует предлагаемая методика расчета.

Произведём обзор возможных вариантов исполнения микро ГЭС как источника энергии на свободном потоке без гидротехнических работ и сооружений или выполняя их в минимальном объеме. В этой связи классифицируем микро ГЭС на: стационарные и мобильные.

Для целей заявленных в начале к стационарным отнесены ГЭС деривационного типа т.е. такие ГЭС, где падающая вода подводящаяся к энергоустановке по водоводу образует ветвь потока с перепадом высот. Вверху по течению устраивается канал с уклоном меньшим, чем уклон основного потока. При перепаде высот достаточном для выработки необходимой мощности (или по другим ограничениям) поток передаётся в напорный водовод, соединенный с турбинной камерой, в которой энергия воды переходит в энергию механического вращения вала генератора электрической энергии.

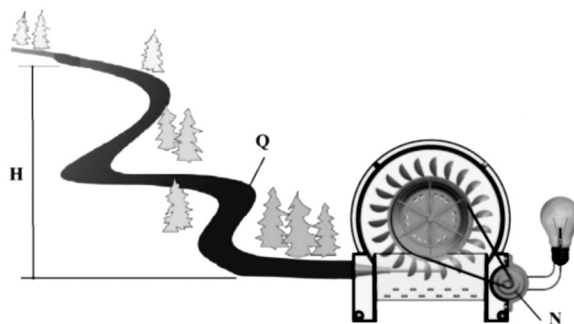


Рисунок 1.

Для повышения КПД установки и более полного использования энергии потока предлагается устройство с вращающейся вставкой и вынесенным за пределы потока генераторной установкой по рис. 1.

Такое расположение энергоустановки позволяет использовать водную энергию в напорных водоводах каскадно, без изменения направления потока то есть более просто. Уплотнения вращающейся вставки составляют наше ноу хау. Мощность установки такого рода до 50 кВт в зависимости от мощности потока (т.е от напора H и расхода Q), а также потребности пользователя. Ранее нами [1] дан расчёт мощностей потока в зависимости в зависимости от скорости течения для элементарной струи и аналитическая формула по которой легко рассчитывается мощность NTO потока проходящего через поперечное сечение установки.

Основная трудность регулирование долговременной стабильности выдаваемого напряжения при изменениях нагрузки и уровня верхнего бьефа потока. Эту задачу по нашему предложению необходимо решать с помощью разработанных нами управляющих регулирующих уст–

ройств на базе силовых интеллектуальных модулей и преобразователей. Это конечно повышает стоимость ус-

тройства, но позволяет обходиться без обслуживающего персонала.

---

ЛИТЕРАТУРА

1. Кажинский Б.Б. Простейшая гидроэлектростанция. – М.: Досарм, 1950. – 55 с.
2. Михайлова Л.П., Малая гидроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –184 с.
3. <http://me-systems.ru/ges>
4. <http://alternativenergy.magellan.ru/>
5. <http://isjaee.hydrogen.ru/>
6. <http://aenergy.ru/>
7. <http://guns.allzip.org/topic/151/603352.html>
8. <http://weswen.ru/>

---

© Кодиров Д.Б., Ж.А. Нормуминов, ( d.kodirov@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Институт энергетики и автоматики, при Академии наук Республики Узбекистан

# МОДЕЛЬ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ АЛГОРИТМОВ В САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

## EQUIVALENT ALGORITHM TRANSFORMATIONS MODEL IN A SELF-ORGANIZING INFORMATION SYSTEM

*A. Shalaev*

### Annotation

The paper discusses equivalent and homomorphic transformations of algorithms that provide generation of new algorithms with the required properties. The article proposes to replace the original algorithms (or certain parts of them) with algorithms that fit the given specific task conditions (con-text) more accurately in order to improve the overall quality and efficiency. The paper defines the conditions of semantic equivalence of algorithms and rules for their replacement.

**Keywords:** algorithm, equivalence of algorithms, homomorphism of algorithms, algorithm scheme, self-organizing information system.

*Шалаев Александр Александрович*  
Аспирант,  
Пензенский государственный  
университет

### Аннотация

Рассматриваются эквивалентные и гомоморфные преобразования алгоритмов, обеспечивающие формирование алгоритмов с требуемыми свойствами. Предлагается для повышения качества и эффективности алгоритмов использовать замену алгоритмов или их частей алгоритмами, более точно соответствующими конкретным условиям (контексту) решения задачи. Определены условия семантической эквивалентности алгоритмов и правила их замены.

### Ключевые слова:

Алгоритм, эквивалентность алгоритмов, гомоморфизм алгоритмов, схема алгоритма, самоорганизующаяся информационная система.

Способность к самомодификации [1], обеспечивающая изменение алгоритмов решения задач и способов обработки данных, предоставляет самоорганизующейся информационной системе (СИО) очень мощный механизм адаптации к изменениям внешней среды (решаемым задачам и запросам пользователей) и внутренней организации системы. К самомодификации СИО относятся процессы формирования алгоритмов с требуемыми свойствами, замена текущего алгоритма алгоритмом, более соответствующим конкретным условиям (контексту) решения задачи, и замена в текущем алгоритме некоторых частей новыми частями, обеспечивающими решение подзадач с требуемым качеством и эффективностью. Так как механизм самомодификации СИО должен обеспечивать решение одних и тех же задач в разных условиях, то в качестве формальной основы самомодификации целесообразно использовать эквивалентные преобразования алгоритмов.

**Эквивалентность алгоритмов** определяется следующим образом [2]:

алгоритмы  $p_1$  ( $y_1 = p_1(x_1)$ ) и  $p_2$  ( $y_2 = p_2(x_2)$ ) являются эквивалентными ( $p_1 \equiv p_2$ ),

если они для всех  $x_1 \in X_1$  и  $x_2 \in X_2$  при  $x_1 = x_2$  выдают результат  $y_1 = y_2$  или  $|y_1 - y_2| < \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – допустимые

отклонения результатов выполнения алгоритмов, обусловленные точностью вычислений или разностью подходов к решению задачи (например, точные или итерационные методы). Следовательно, у эквивалентных алгоритмов совпадают области определения и области значений, т.е.  $X_1 = X_2 = X$  и  $Y_1 = Y_2 = Y$ . Однако эти алгоритмы могут иметь другие разные характеристики (например, выполняться за разное время, требовать разные ресурсы для реализации и т.д.).

С другой стороны, эквивалентность алгоритмов  $p_1$  и  $p_2$  можно рассматривать как равенство отношений

$$\{\langle x, y_1 \rangle\} = \{\langle x, y_2 \rangle\},$$

реализуемых отображениями

$$p_1: X \rightarrow Y_1 \text{ и } p_2: X \rightarrow Y_2.$$

Поэтому взаимозаменяемость эквивалентных алгоритмов соответствует двум взаимнообратным гомоморфизмам  $h: p_1 \rightarrow p_2$  и  $h^{-1}: p_2 \rightarrow p_1$ .

Эквивалентное преобразование алгоритма заключается в замене алгоритма  $p_1$  на эквивалентный ему алгоритм  $p_2$  или в замене в алгоритме  $p_1$  компонентов  $p_{1i}$  на эквивалентные им компоненты  $p'_{1i}$  и наоборот.

Допустимыми преобразованиями алгоритмов в рам-

ках модели эквивалентных преобразований являются замена алгоритмов и их частей (функционально законченных последовательностей операторов) на алгоритмы известные системе или на алгоритмы, реализующие частные способы решения задач, формируемые на основе общих методов решения задач, известных системе.

Можно рассматривать два вида эквивалентных преобразований алгоритмов:

- использование разных методов решения задачи для повышения точности решения задачи, получения решения за меньшее число шагов (меньшее время), при других значениях аргументов и т.д., что вызывает необходимость замены одного алгоритма другим. В этом случае эквивалентность алгоритмов определяется эквивалентностью методов решения задач;

- эквивалентные преобразования алгоритмов при реализации одного и того же метода решения задачи, использующие различные структуры и способы упорядочивания данных для представления обрабатываемых объектов, а также различные последовательности действий (операторов).

Вследствие этого СИС могут быть известны достаточно эффективные способы эквивалентных преобразований алгоритмов, которые она успешно сможет использовать в своем функционировании.

Хотя алгоритм – это целостный объект, однако, в подавляющем большинстве случаев, он является сложным (составным, представляющим собой последовательность операторов). Наличие последовательности операторов позволяет структурировать алгоритм путем разбиения его на функционально законченные подпоследовательности, решающие определенные подзадачи, совокупность которых позволяет решить задачу в целом.

Для формализации эквивалентных преобразований алгоритмов необходимо определить понятие схемы алгоритма [3–5].

**Схема алгоритма** – это математическая модель алгоритма, в которой с достаточной степенью детализации отражаются строение алгоритма (совокупности последовательностей операторов) и взаимодействие его компонентов. В схеме алгоритма конкретные последовательности операторов, операции и функции заменяются абстрактными функциональными и предикатными символами.

Схему алгоритма целесообразно характеризовать базисом и структурой схемы [4]. Базис фиксирует символы, из которых строятся схемы, указывает их роль (составной оператор, простой оператор, входные и выходные значения, функциональные символы и др.), задает вид выражений и операторов схем.

Полный базис схем содержит четыре непересекающихся, счетных множества символов:

1) –

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{n_x}, y_1, y_2, \dots, y_{n_y}, a_1, a_2, \dots, a_{n_a}\}$$

– множество входных и выходных значений, а также числовых и символьных констант ;

2) –

$$F = \{g_1, g_2, \dots, g_{n_g}, p_1, p_2, \dots, p_{n_p}, f_1, f_2, \dots, f_{n_f},$$

$$q_1, q_2, \dots, q_{n_q}\}$$

– множество функциональных символов  $g_i$ , представляющих управляющие операторы, арифметические и логические операции, множество символов  $f_k$ , представляющих составные и простые операторы, множество символов  $p_j$ , представляющих функциональное соответствие между входными и выходными значениями абстрактных задач, и множество символов  $q_e$ , представляющих отношения (отображения, функции) между входными и выходными значениями конкретных задач;

3) –  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{n_c}\}$

– множество символов, представляющих логические условия;

4) –  $\{task, method \text{ и т.д.}\}$

– множество специальных символов, где  $n_i$  – количество символов вида  $i$ .

Структура схемы алгоритма будет представляться последовательностью символов базиса, а составные операторы – отдельными (обособленными) схемами алгоритмов.

Тогда схема алгоритма  $p(x)$  будет являться совокупностью структуры алгоритма и обособленных схем алгоритмов составных операторов вида:

$$task(idz, x, y, q, c, (\mu(x, y) | (task_1(x, y_1, q_1), task_2(x_2, y_2, q_2), \dots, task_m(x_m, y, q_m)))));$$

$$[method(id_\mu, x', y', f, p, c)]; \tag{1}$$

$$p(p_1(x', y''), p_2(x'', y'''), \dots, p_n(x''', y''));]$$

где

$task(\dots)$  – структура алгоритма, представленная описанием задачи и методом решения или последовательностью ее подзадач;

$method(\dots)$  – метод решения задачи;

$p_i$  – составной оператор, задающий алгоритм решения задачи или подзадачи;

$id_z, id_\mu$  – идентификаторы задачи и метода;

$x, y, x', y'$  – входные и выходные значения задачи и метода, удовлетворяющие условиям  $x \subseteq x', y \subseteq y'$ ;

$c$  – условия (контекст) решения задачи;



$\mu$  – метод решения задачи с идентификатором *id $\mu$* , позволяющий вычислять решение задачи;

$c'$  – характеристики решения задачи, обеспечиваемые методом  $\mu$  (например, точность, время, необходимый объем памяти и др. характеристики решения задачи);

$q, f$  – правила соответствия входов и выходов в задаче и методе.

При этом схема алгоритма простой задачи задается способом решения  $\mu$ , а сложная задача – последовательностью подзадач более низкого уровня *task<sub>i</sub>* (метод будет указан у всех простых подзадач).

Между компонентами  $q, f$  и  $p$  установлены следующие отношения:

$$q \equiv f \equiv p,$$

где

$f \equiv p$  – отношения системного изоморфизма и системного полиморфизма между абстрактной задачей и алгоритмом ее решения, определяющие степень их необходимого подобия и допустимого разнообразия [6].

**Пример 1:** формальное описание программной реализации решения квадратного уравнения

$$ax^2 + bx + c = 0 \text{ для общего случая.}$$

```
task(1, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0),  $\mu_1$ );
method(1, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p, c' = (ax2 + bx + c = 0));
```

```
p = (var discriminant = b*b-4*a*c;
if(discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
else if(discriminant > 0)
```

```
}
else
{
var sqrt=System.Sqrt(discriminant);
x1 = (-b + sqrt) / (2 * a);
x2 = (-b - sqrt) / (2 * a);
Console.WriteLine(" Два действительных
корня : x1 = {0 : f3} || x2 = {1 : f3}", x1, x2);
}
else
{
```

```
x1 = x2 = (-b + System.Match.
Sqrt(discriminant)) / (2 * a);
```

```
Console.WriteLine(" Два одинаковых
корня : {0 : f3}", x1);
})
```

В модели {1} сложная задача в общем случае представлена последовательностью подзадач, однако она может иметь и более сложную структуру, сформированную с использованием операторов управления, соответствующих правилам используемого языка программирования:

#### 1) условный оператор

```
g1(c, task1, task2) if (c) {task1} else {task2}
```

где

$c$  – условие перехода к задачам:

$c = \text{true}$  task<sub>1</sub>,  $c = \text{false}$  task<sub>2</sub>.

#### 2) оператор выбора

```
g2(c, a1:task1, a2:task2, ..., an:taskn[, default: taskn+1])
switch (c) {case a1: task1; break; case a2: task2; break; ...;
case an: taskn; break; [default: taskn+1]}
```

где

$c$  – параметр, по значениям  $a_i$  которого выбирается соответствующая задача;

[...] – часть по умолчанию не обязательна и может быть опущена.

#### 3) цикл с параметром

```
g3(c  $\equiv$  i = , task(x0, y0))  $\equiv$  for (i = a1; i  $\theta$  an; i += s)
{task(xi, yi)}
```

где

$c$  – условие перебора значений от  $a_1$  до  $a_2$  с шагом  $s$  (при  $s > 0$  операция  $\theta$  есть " $\leq$ ", а при  $s < 0$  операция есть " $\geq$ ").

#### 4) цикл с предусловием

```
g4(c, task) while (c) {task; p(c);}
```

где

$c$  – условие повторения выполнения задачи task;

$p(c)$  – оператор модификации условия в процессе исполнения цикла.

#### 5) цикл с постусловием

```
g5(c, task) do {task; p(c);} while(c);
```

где

$c$  – условие повторения выполнения задачи task;

$p(c)$  – оператор модификации условия в процессе исполнения цикла.

Основываясь на модели {1} можно разработать модель эквивалентных преобразований алгоритмов, базирующуюся на семантической эквивалентности  $q \equiv f$ ,

выражаемую условием:

$$((x_1 = x) \wedge (x_1 \in \text{task}_1(x_1, y_1, q_1))) \wedge ((y = y_m) \wedge (y_m \in \text{task}_m(x_m, y_m, q_m))) \wedge ((q \equiv q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_m) \wedge q_1 \in \text{task}_1(x_1, y_1, q_1) \wedge q_2 \in \text{task}_2(x_2, y_2, q_2) \wedge \dots \wedge q_m \in \text{task}_m(x_m, y_m, q_m)).$$

Тогда модель эквивалентных преобразований (взаимозаменяемость) алгоритмов  $p$  и  $p'$  можно задать в виде:

$$\text{task}(x, y, q) \equiv \text{task}'(x', y', q') \Leftrightarrow (x = x') \wedge (y = y') \wedge (q \equiv q'). \quad (2)$$

Реализация модели (2) возможна следующими способами:

1) Выбор метода решения: если в простой задаче не указан требуемый метод решения, то конкретный метод решения может быть выбран из возможных методов решения данной задачи в зависимости от контекста ее решения.

2) Замена задачи  $\text{task}$  на  $\text{task}'$ , где  $\text{task}'$  решает эквивалентную задачу.

3) Замена в сложной задаче  $\text{task}$  подзадачи  $\text{task}_i$  на подзадачу  $\text{task}_i'$  в соответствии со способом 1.

Таким образом, эквивалентные преобразования алгоритмов могут иметь место и осуществляться путем замены задач или составляющих их подзадач, однако существенные изменения характеристик алгоритмов при данном подходе будут сильно ограничены вследствие равенства входных и выходных значений и очень близких способов решения задачи. Поэтому для обеспечения более широких изменений характеристик алгоритмов решения задачи целесообразно рассматривать только направленную замену одного алгоритма другим (например, только гомоморфизм  $h: p \rightarrow p'$ ).

### Гомоморфизм алгоритмов

– определяется следующим образом:

алгоритм  $p_1$  ( $y_1 = p_1(x_1)$ ) является гомоморфным алгоритму  $p_2$  ( $y_2 = p_2(x_2)$ ), если для всех  $x_1 \in X_1$  при  $x_1 = x_2$  и  $x_2 \in X_2$  выдается результат  $y_1 = y_2$  или  $|y_1 - y_2| < \varepsilon$ .

Следовательно, у гомоморфных алгоритмов области определения и области значений соотносятся как  $X_1 \subset X_2$  и  $Y_1 \subseteq Y_2$ . Поэтому гомоморфные алгоритмы можно рас-

сматривать как эквивалентные только в области определения  $X_1$ .

### Гомоморфное преобразование алгоритма

– заключается в замене алгоритма  $p_1$  на гомоморфный ему алгоритм  $p_2$  в пределах области определения  $X_1$  или в замене в алгоритме  $p_1$  компонентов  $p_{1i}$  на гомоморфные им компоненты  $p_{1i}'$  в пределах области определения  $X_{1i} \subset X'_{1i}$ .

При использовании гомоморфизма  $h: p \rightarrow p'$  возможны три случая:

а) Замена алгоритма  $p$  на алгоритм  $p'$ , решающего эквивалентную или более общую задачу. В этом случае правило семантической эквивалентности будет иметь вид:

$$((x \subseteq x') \wedge (y \subseteq y') \wedge (q \equiv f)) \mid (((x \subseteq x'_1) \wedge (x'_1 \in \text{task}'_1(x'_1, y'_1, q'_1))) \wedge ((y \in y'_m) \wedge (y'_m \in \text{task}'_m(x'_m, y'_m, q'_m))) \wedge ((q \equiv q'_1 \cdot q'_2 \cdot \dots \cdot q'_m) \wedge q'_1 \in \text{task}'_1(x'_1, y'_1, q'_1) \wedge q'_2 \in \text{task}'_2(x'_2, y'_2, q'_2) \wedge \dots \wedge q'_m \in \text{task}'_m(x'_m, y'_m, q'_m))).$$

При этом модель эквивалентных преобразований алгоритмов будет иметь вид:

$$\text{task}(x, y, q) \rightarrow \text{task}'(x', y', q') \Leftrightarrow (x \subseteq x') \wedge (y \subseteq y') \wedge (|y - y'| < \varepsilon) \wedge (q \equiv q'). \quad (3)$$

Реализация модели (3) возможна следующими способами:

1) Выбор метода решения: если в простой задаче не указан требуемый метод решения, то конкретный метод решения может быть выбран из возможных методов решения данной или более общей задачи в зависимости от контекста решения задачи.

2) Замена задачи  $\text{task}$  на  $\text{task}'$ , где  $\text{task}'$  решает эквивалентную или более общую задачу.

3) Замена в сложной задаче  $\text{task}$  подзадачи  $\text{task}_i$  на подзадачу  $\text{task}_i'$  в соответствии со способом 1.

4) Замена в сложной задаче  $\text{task}$  подзадачи  $\text{task}_i$ , вычисляющей сложную функцию, на циклическое выполнение подзадачи  $\text{task}_i'$ , рекуррентно вычисляющую эту функцию в соответствующих точках.

Пример 2:

– формальное описание замены алгоритма  $p$ , решающего квадратное уравнение

$ax_2 + bx + c = 0$  при  $b = 2k$ , на алгоритм  $p'$ , решающий уравнение при любых значениях  $b$ .

## 1. Исходный алгоритм

```

task(5, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + 2kx1 + c = 0, ax22 + 2kx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0, b = 2k), μ2);
method(2, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p2, c' = (ax2 + bx + c = 0, b % 2 == 0));
p2 = (var k = b / 2;
var discriminant = k * k - a * c;
if (discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
else if (discriminant > 0)
{
var sqrt = System.Math.Sqrt(discriminant);
x1 = (-k + sqrt) / a;
x2 = (-k - sqrt) / a;
Console.WriteLine("Два действительных корня: x1 = {0:f3} || x2 = {1:f3}", x1, x2);
}
else if (discriminant == 0)
{
x1 = x2 = -k / a;
Console.WriteLine("Два одинаковых корня: {0:f3}", x1);
})

```

## 2. Новый (более общий) алгоритм

```

task(5, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0, b = 2k), μ1);
method(1, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p, c' = (ax2 + bx + c = 0));
p = (var discriminant = b * b - 4 * a * c;
if (discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
else if (discriminant > 0)
{
var sqrt = System.Math.Sqrt(discriminant);
x1 = (-b + sqrt) / (2 * a);
x2 = (-b - sqrt) / (2 * a);
Console.WriteLine("Два действительных корня: x1 = {0:f3} || x2 = {1:f3}", x1, x2);
}
else
{
x1 = x2 = (-b + System.Math.Sqrt(discriminant)) / (2 * a);
Console.WriteLine("Два одинаковых корня: {0:f3}", x1);
})

```

б) Замена алгоритма  $p$  на совокупность алгоритмов  $p', p'', \dots, p'''$  решающий эквивалентную или частные задачи. В этом случае правило семантической эквивалентности будет иметь вид:

$$(x = x' \cup x'' \cup \dots \cup x''') \& (x' \in \text{task}'(x', y', q')) \& (x'' \in \text{task}''(x'', y'', q'')) \& \dots \& (x''' \in \text{task}'''(x''', y''', q''')) \& (y = y' \cup y'' \cup \dots \cup y''') \& (y' \in \text{task}'(x', y', q')) \&$$

В этом случае модель эквивалентных преобразований алгоритмов будет иметь вид:

$$\text{task}(x, y, q) \rightarrow \text{task}(x, y, g_2(c, a': \text{task}', a'': \text{task}'', \dots, [\text{default}: \text{task}'''])) \Leftrightarrow (x = x' \cup x'' \cup \dots \cup x''') \& (y = y' \cup y'' \cup \dots \cup y''') \& (q \equiv q' \equiv q'' \equiv \dots \equiv q'''). \quad (4)$$

Реализация модели (4) возможна следующими способами:

- 1) Выбор метода решения: если в простой задаче не указан требуемый метод решения, то конкретный метод решения может быть выбран из возможных методов решения данной задачи в зависимости от контекста решения задачи.
- 2) Замена задачи  $\text{task}$  на  $\text{task}'$ , где  $\text{task}'$  решает эквивалентную задачу.
- 3) Замена в сложной задаче  $\text{task}$  подзадачи  $\text{task}_i$  на подзадачу  $\text{task}_i'$  в соответствии со способом 1.
- 4) Декомпозиция в сложной задаче  $\text{task}$  подзадачи  $\text{task}_i$  на систему подзадач  $\text{task}_i' \dots \text{task}_i'''$  с использованием управляющих операторов  $g_1$  или  $g_2$ .

Пример 3:

– формальное описание совокупности алгоритмов, решающих частные задачи и замещающих алгоритм  $p$  из примера 1.

```

task(1, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0), (g1(c = (b % 2 == 0), task(2), @task(3)));
task(2, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + 2kx1 + c = 0, ax22 + 2kx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0, b = 2k), μ2);
method(2, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p2, c' = (ax2 + bx + c = 0, b % 2 == 0));
p2 = (var k = b / 2;
var discriminant = k * k - a * c;
if (discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
else if (discriminant > 0)
{
var sqrt = System.Math.Sqrt(discriminant);
x1 = (-k + sqrt) / a;
x2 = (-k - sqrt) / a;
Console.WriteLine("Два действительных корня: x1 = {0:f3} || x2 = {1:f3}", x1, x2);
}
else if (discriminant == 0)
{
x1 = x2 = -k / a;
Console.WriteLine("Два одинаковых корня: {0:f3}", x1);
})
task(3, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0), μ1);
    
```

```

method(1, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p, c' = (ax2 + bx
+ c = 0));
p = ( var discriminant = b * b - 4 * a * c;
  if (discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
  else if (discriminant > 0)
  {
    var sqrt = System.Math.Sqrt(discriminant);
    x1 = (-b + sqrt) / (2 * a);
    x2 = (-b - sqrt) / (2 * a);
    Console.WriteLine("Два действительных корня: x1 = {0:f3} || x2 = {1:f3}", x1, x2);
  }
  else
  {
    x1 = x2 = (-b + System.Math.Sqrt(discriminant)) / (2 * a);
    Console.WriteLine("Два одинаковых корня: {0:f3}", x1);
  }
})

```

В соответствии с примером 3 задачи task(1) и task(2) входят в один программный модуль, а задача task(3) должна быть реализована самостоятельным программным модулем.

в) Замена алгоритма  $p$  на алгоритм  $p'$ , решающий частную задачу для активного подмножества значений  $x' \subset x$ . В этом случае правило семантической эквивалентности будет иметь вид:

$$((x' \subset x) \& (y' \subset y) \& (q \equiv f)) \mid (((x'_1 \subset x) \& (x'_1 \in \text{task}'_1(x'_1, y'_1, q'_1))) \& ((y'_m \subset y) \& (y'_m \in \text{task}'_m(x'_m, y'_m, q'_m))) \& ((q \equiv q'_1 \cdot q'_2 \cdot \dots \cdot q'_m) \& q'_1 \in \text{task}'_1(x'_1, y'_1, q'_1) \& q'_2 \in \text{task}'_2(x'_2, y'_2, q'_2) \& \dots \& q'_m \in \text{task}'_m(x'_m, y'_m, q'_m))).$$

При этом модель эквивалентных преобразований алгоритмов будет иметь вид:

$$\text{task}(x, y, q) \rightarrow \text{task}'(x', y', q') \Leftrightarrow (x' \subset x) \& (y' \subset y) \& (q \equiv q'). \quad (5)$$

Реализация модели (5) возможна следующими способами:

1) Выбор метода решения: если в простой задаче не указан требуемый метод решения, то конкретный метод решения может быть выбран из возможных методов решения данной задачи в зависимости от контекста решения задачи.

2) Замена задачи task на task', где task' решает эквивалентную задачу.

3) Замена в сложной задаче task подзадачи task<sub>i</sub> на подзадачу task'<sub>i</sub> в соответствии со способом 1.

Использование трех моделей (3–5) эквивалентных преобразований (модель (2) является частным случаем модели (3)) предоставляет системе мощные средства преобразования алгоритмов, осуществляемых путем замены задач или составляющих их подзадач. В случае важности отдельной части задачи (некоторой последовательности исполняемых операторов) она всегда может быть представлена самостоятельной подзадачей, что не противоречит модели эквивалентных преобразований и обеспечивает требуемую точность преобразования алгоритмов (чувствительность алгоритмов к преобразованиям).

Пример 4:

формальное описание замещающего алгоритма  $p'$ , решающего частную задачу для активного подмножества значений  $b$  ( $b = 2k$ ), для алгоритма  $p$  из примера 1.

```

task(1, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0), (g1(c = (b % 2 == 0), task(2), p1)));
task(2, x = (a, b, c), y = (x1, x2), q = (ax12 + 2kx1 + c = 0, ax22 + 2kx2 + c = 0), c = (ax2 + bx + c = 0)), μ2);
method(2, x' = (a, b, c), y' = (x1, x2), f = (ax12 + bx1 + c = 0, ax22 + bx2 + c = 0), p2, c' = (ax2 + bx + c = 0, b % 2 == 0));
p1 = Console.WriteLine("задача неразрешима при данном входе");
p2 = (var k = b / 2;
var discriminant = k * k - a * c;
if (discriminant < 0) Console.WriteLine("Нет действительных корней!");
else if (discriminant > 0)
{
var sqrt = System.Math.Sqrt(discriminant);
x1 = (-k + sqrt) / a;
x2 = (-k - sqrt) / a;
Console.WriteLine("Два действительных корня: x1 = {0:f3} || x2 = {1:f3}", x1, x2);
}
else if (discriminant == 0)
{
x1 = x2 = -k / a;
Console.WriteLine("Два одинаковых корня: {0:f3}", x1);
})

```

Таким образом, разработанная модель эквивалентных преобразований алгоритмов позволяет осуществлять все допустимые преобразования алгоритмов на основе алгоритмов, известных системе, или разрабатываемых частных способов на основе общих методов решения задач. Причем модели эквивалентных преобразований (3, 4) преимущественно направлены на повышение корректности и надежности решения задач, а модель (5) – на повышение эффективности решения задач. Допустимо использование комбинации моделей эквивалентных преобразований алгоритмов. Например, в модели (4) в качестве вариантов могут использоваться модели (3) и (5).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дрождин В. В. Организация и функционирование самоорганизующейся информационной системы // Новые информационные технологии и системы: тр. X Междунар. научно-техн. конф. Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. С. 231–233.
2. Успенский В.А., Семенов А.Л. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения. М.: Наука, 1987. 288 с.
3. Касьянов В.Н. Оптимизирующие преобразования программ. М.: Наука, 1988. 336 с.
4. Калайда В.Т. Теория вычислительных процессов. Томск: Изд-во ТУСУР, 2007. 131 с.
5. Крупноблочная схема программ. URL: [http://pco.iis.nsk.su/grapp2/html/ReqtypetNamekрупноблo3na%5E\\_schema\\_programm.htm](http://pco.iis.nsk.su/grapp2/html/ReqtypetNamekрупноблo3na%5E_schema_programm.htm) (дата обращения: 14.07.2015).
6. Урманцев Ю.А. Эволюционика, или общая теория развития систем природы, общества и мышления. М.: Либро-ком, 2009. 240 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

\* Работа выполнена в рамках реализации научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.

## APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION FOR SOLUTIONS OF TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF PROCESSING ROUNDWOOD

*G. Kolesnikov*

### Annotation

The article provides an overview by three areas of the application of numerical methods for solving technological problems in the processing of pulpwood. Three issues is discussed: on the impact of the length of the pulpwood at the size of the particles of wood chips; the pattern of debarking of pulpwood in drum; fractionation of poly-disperse bulk material by sieving on installations with tiered disposition of screens.

**Keywords:** numerical modeling, debarking drum, pulpwood, wood chips, disk chipper, poly-disperse bulk material, fractionation, screening.

**Колесников Геннадий Николаевич**  
Д.т.н., профессор,  
Петрозаводский государственный  
университет

### Аннотация

В статье приведен обзор трех направлений в применении методов численного моделирования при решении технологических задач переработки круглых лесоматериалов на щепу. Рассмотрены задачи: о влиянии длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы; о закономерностях очистки круглых лесоматериалов от коры в установках барабанного типа; о фракционировании полидисперсного сыпучего материала методом отсева на установках с ярусной компоновкой сит.

### Ключевые слова:

Численное моделирование, корообдирочный барабан, круглые лесоматериалы, щепка, дисковая рубительная машина, полидисперсный сыпучий материал, фракционирование, метод отсева.

В данной статье представлен краткий обзор работ, посвященных применению методов численного моделирования к решению технологических задач переработки круглых лесоматериалов на щепу [1]. Как известно, физико-механические характеристики лесоматериалов зависят от породы, возраста, влажности, от строения и свойств древесины и древесной коры как материалов, сезона заготовки, особенностей хранения, транспортировки и других факторов [2]. Точный учет влияния этих факторов в математических моделях, используемых при решении технологических задач, не представляется возможным. Тем не менее, использование численных методов [3] и упрощенных моделей, адекватных в рамках реалистичных ограничений, позволяет получить новые, важные для практики, данные о закономерностях исследуемых технологических процессов.

Примером может быть выполненная в 2012–2015 гг. разработка модели влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы [4, 5]. Данная работа выполнена в

целях анализа причин появления частиц щепы, некондиционных по критериям размеров и формы. Знание этих причин необходимо для обоснования рекомендаций по совершенствованию технологии производства щепы [1]. В работах [4, 5] показано, что основная причина появления некондиционной щепы заключается в существенном изменении условий измельчения баланса на финишной стадии его переработки в рубительной машине, когда длина баланса становится соизмеримой с поперечным размером внутреннего пространства загрузочного патрона. По этой причине поступательное движение баланса (на начальной стадии его измельчения) трансформируется в хаотическое движение (на конечной стадии измельчения того же баланса). Модель [4, 5] адекватна до начала стадии хаотизации движения измельчаемого баланса. Измельчение баланса при хаотичном его движении в патроне рубительной машины приводит к существенному увеличению доли частиц, некондиционных по критериям формы и крупности.

Применение данной модели позволило установить (с

получением количественных оценок), что стадия хаотизации движения наступает (при прочих равных условиях) тем раньше, чем меньше диаметр баланса. Таким образом, с уменьшением диаметра балансов закономерно возрастает доля некондиционной щепы. Адекватность этих данных подтверждена их согласованностью с результатами производственных и лабораторных экспериментов [1, 5, 7], а также с известными по литературе данными [6]. В тоже время, анализ результатов моделирования указывает на необходимость продолжения исследований в целях уменьшения или исключения влияния хаотизации движения баланса на качество щепы.

Применение численного моделирования при решении другой технологической задачи, решение которой необходимо для обоснования рекомендаций по совершенствованию очистки круглых лесоматериалов от коры в установках барабанного типа, рассмотрено в работах [8, 9, 11].

Особенность работы [8] заключается в том, что проблема численного моделирования соударений балансов в корообдирочном барабане рассматривается как источник хорошо известной в механике контактной задачи. Решение данной задачи необходимо для прогнозирования силы соударений балансов друг с другом и с корпусом корообдирочного барабана. С применением конечно-элементной модели контактная задача сведена к поиску решения линейной задачи дополненности с положительно определенной матрицей коэффициентов.

Динамика объекта исследования моделируется как множество его статических состояний, упорядоченных во времени с помощью метода конечных разностей [3, 9, 10]. Предложен алгоритм решения линейной задачи дополненности с положительно определенной матрицей коэффициентов. На каждом шаге по времени чис-

ленная реализация алгоритма сводится к исключениям Гаусса–Жордана с выбором разрешающего элемента поэнергетическому критерию. С точки зрения механики энергетический критерий используется как критерий перехода односторонних связей из возможного состояния в действительное состояние [12].

Решение указанной выше линейной задачи дополненности по предложенному алгоритму определяется за меньшее число шагов, чем при использовании других известных по литературе алгоритмов. Результаты численного моделирования, полученные с применением данного алгоритма, использованы при решении задачи о закономерностях соударений и качестве очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане [13]. Адекватность моделирования подтверждена согласованностью с известными по литературе экспериментальными данными [14].

Третья затрагиваемая в данной статье задача связана с применением несложной математической модели технологического процесса фракционирования полидисперсного сыпучего материала методом рассева на установках с ярусной компоновкой сит [15, 16]. Отличительная особенность данной модели заключается в том, что задача сведена к решению уравнения Ферхюльста. При этом методика оценки эффективности рассева учитывает относительное изменение концентрации проходных частиц в надрешетном продукте и изменение толщины его слоя вдоль сита. Адекватность результатов моделирования подтверждена их согласованностью с результатами экспериментов [15] и с известными по литературе данными [17].

Рассмотренные модели могут быть использованы при решении как реальных задач [1], так и в учебном процессе [18].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н., Симонова И.В. Технологические решения для реализации потенциала ресурсосбережения при переработке круглых лесоматериалов на щепу // Петрозаводск, 2013. 92 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение // М.: Издательский центр "Академия". 2011. 272с.
3. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2008. № 96. С. 84–91.
4. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н. Влияние изменения длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 81. С. 270–279.
5. Колесников Г.Н., Девятникова Л.А., Доспехова Н.А., Васильев С.Б. Уточненная модель влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 105. С. 413–425.
6. Фетяев А.Н., Фокин С.В. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 291–294.



7. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскроя балансов на фракционный состав щепы //Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 3 (86). С. 120–124.
8. Колесников Г.Н. Алгоритм декомпозиции линейной задачи дополнителности и его применение для моделирования соударений балансов в корообдирочном барабане //ResourcesandTechnology. 2013. Т. 10. № 2. С. 111–138.
9. Васильев С.Б., Дослехова Н.А., Колесников Г.Н. Численное моделирование взаимодействия еловых балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане //ResourcesandTechnology. 2013. Т. 10. № 1. С. 024–038.
10. Колесников Г.Н. Дискретные модели механических и биомеханических систем с односторонними связями//Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск, 2004. (<http://elibrary.ru/item.asp?id=19489337>)
11. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Гулько А.Е. Анализ методов расчета параметров и обоснование математической модели разрушения коры при групповой окорке древесины //Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. № 8. С. 92–96.
12. Колесников Г.Н., Раковская М.И. К обоснованию энергетического критерия очередности перехода односторонних связей механических систем из возможного состояния в действительное состояние // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 4. С. 80–81.
13. Колесников Г.Н., Дослехова Н.А. Закономерности соударений и качество очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане//Фундаментальные исследования. 2013. № 10–15. С.3328–3331.
14. Григорьев И., Локштанов Б, Куницкая О., Гулько А. Повышение эффективности групповой механической окорки лесоматериалов. Часть 5. Размеры окориваемых лесоматериалов//ЛесПромИнформ. –2013. –№ 7 (97). –С. 80–82. <http://www.lesprominform.ru>.
15. Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Математическая модель технологического процесса фракционирования полидисперсного сыпучего материала методом рассева на установках с ярусной компоновкой сит //Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 3. С. 42–49.
16. Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Логистический подход к моделированию фракционирования сыпучих материалов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. № 4. С. 61–65.
17. Ravshanov N., Palvanov B., Shermatova G. Mathematic model of technical process of heavy mixtures classifying on the basis of dispersion of particles flight path // European researcher. 2014. № 5–1 (74). С. 824–830.
18. Зайцева М.И., Девятникова Л.А., Никонова Ю.В., Колесников Г.Н. Информационные технологии в научно-исследовательской работе студентов технических факультетов //В сборнике: Информационная среда вуза XXI века. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2013. С. 86–89.

© Г.Н. Колесников, ([kgn@petsu.ru](mailto:kgn@petsu.ru)), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



# КОНСТРУКЦИИ С ОДНОСТОРОННИМИ СВЯЗЯМИ: КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПРИЛОЖЕНИЙ В ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ

\* Работа выполнена в рамках реализации научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.

## STRUCTURES WITH UNILATERAL CONSTRAINTS: AN OVERVIEW OF CALCULATION METHODS AND THEIR APPLICATIONS IN ENGINEERING PROBLEMS

*I. Rumyantseva*

### Annotation

A classification of methods of calculation of structures with unilateral constraints is proposed. Five groups of methods of calculation of such structures briefly discussed. Progress in the improvement of the methods and relevance of further research is fixed.

**Keywords:** unilateral constraints, contact problems, numerical modeling, linear complementarity problem.

*Румянцева Ирина Евгеньевна*  
Ст. преподаватель,  
Петрозаводский государственный  
университет

### Аннотация

В обзоре предложена классификация методов расчета конструкций с односторонними связями. Кратко рассмотрены пять групп методов расчета таких конструкций. Отмечен прогресс в совершенствовании данных методов и актуальность продолжения исследований.

### Ключевые слова:

Односторонние связи, контактные задачи, численное моделирование, линейная задача дополненности.

**В** данной работе представлен краткий обзор подходов к расчету конструкций с односторонними связями.

Принципиальное отличие конструкций с односторонними связями от конструкций с двусторонними связями заключается в том, что любая односторонняя связь, в зависимости от воздействий на конструкцию, может находиться в одном из двух возможных и заранее неизвестных состояний ("включено" или "выключено"), в то время как двусторонняя связь всегда находится в состоянии "включено". Изменение воздействия конструкцию может приводить к переходу односторонних связей из одного состояния в другое, что и приводит к эволюционным задачам строительной механики [1].

Как следствие, расчетные схемы конструкций данного класса могут изменяться в зависимости от воздействий. Если расчетная схема конструкции с односторонними связями определена, то дальнейший расчет не отличается от обычного расчета конструкции с двусторонними связями. Соответствующая расчетная схема получила в русскоязычной литературе название "рабочая

схема"[2].

Необходимость расчета таких конструкций в технологических и технических задачах часто встречается в инженерной практике. Проблемы расчета конструкций с односторонними связями сохраняют свою актуальность в связи с усложнением задач, возникающих в инженерной практике. Кроме того, новые возможности для развития методов расчета появляются как результат совершенствования компьютерных технологий, в рамках которых создаются инструменты, применение которых позволяет преодолевать ранее бытовавшие представления об избыточной сложности некоторых методов расчета.

Вопросы расчета конструкций с односторонними связями исследуются многими авторами в многочисленных работах, большая часть которых опубликована в статьях и книгах на английском языке. В данной статье рассматривается только часть работ, опубликованных, главным образом, в российских изданиях. Предпринята попытка классификации подходов, на основе которых построены эти работы. Эти подходы могут быть распределены по следующим группам.

**Группа 1.**

Исторически первые методы расчета были разработаны в докомпьютерный период и базировались на физически обоснованных моделях функционирования конструкций с односторонними связями [2]. Эти методы не гарантировали сходимости вычислений к искомому решению задачи, что показано в книге [3].

**Группа 2.**

Развитие компьютерных технологий, сопровождавшееся распространением методов квадратичного программирования на новые инженерные приложения, привело к продолжающемуся с 1960-х годов формированию отдельного направления в расчетах конструкций с односторонними связями [4, 5]. Новые результаты в данном направлении, демонстрирующие эффективное использование современных компьютерных технологий в качестве инструмента исследования не вполне очевидных закономерностей функционирования конструкций с односторонними связями, представлены в статье [6]. При этом решение задач выполнено с использованием Mathcad, приведено семь примеров расчета балок и плит с односторонними связями, в том числе с зазорами в упругих односторонних связях.

**Группа 3.**

Первоначально методы квадратичного программирования могли восприниматься как избыточно сложные в инженерных расчетах конструкций с односторонними связями, что стимулировало поиски других подходов. Один из таких подходов появился примерно через два десятилетия и базируется на сведении исходной задачи расчета конструкции с односторонними связями к линейной задаче дополненности [7]. Инженерные приложения задач дополненности рассмотрены, например, в обзоре [8]. В данном направлении получены новые результаты, позволившие решить ряд прикладных задач [9]. При этом расчет сводится к решению линейной задачи дополненности. Существует множество методов и алгоритмов решения данной задачи [8, 10], из которых в данной работе принят во внимание метод, основанный на использовании жордановых исключений. В этом случае основная проблема заключается в выборе разрешающего элемента при выполнении жордановых исключений [11, 12]. Развитие данного метода привело к обосно-

ванию энергетического критерия очередности перехода односторонних связей из возможного состояния в действительное состояние [13, 14]. Положительным качеством данного критерия является его индифферентность к размерности величин, используемых при его несложном вычислении [15].

**Группа 4.**

К четвертой группе в данном обзоре отнесены методы, в которых для численного моделирования одностороннего контакта используются, соответственно, контактные конечные элементы. Этот подход достаточно универсален, применяется в расчетах конструкций с односторонними связями при статических и динамических воздействиях. Например, в статье [16] предложен численный подход к расчету конструкций с односторонними связями при динамических воздействиях. Алгоритм расчета построен на основе пошагового моделирования (по времени) с использованием контактных конечных элементов равного типа, приведены примеры и анализ результатов расчета.

**Группа 5.**

К пятой группе в данном обзоре отнесены методы [17], основная идея которых базируется на подходах, отличающихся от рассмотренных в четырех указанных выше группах. Например, в статье [18] предложен метод расчета упругих систем с односторонними связями, основанный на введении в систему восстанавливающих сил. Эти силы прикладываются в точках, в которых не выполняются условия одностороннего контакта. Восстанавливающие силы прикладываются одновременно ко всем ложным связям. Рассмотрен пример расчета силового взаимодействия упругих звеньев волновой зубчатой передачи, приведен анализ эффективности предложенного метода.

Задачи устойчивости конструкций с односторонними связями [19] требуют отдельного рассмотрения.

Применение современных методов расчета конструкций с односторонними связями открывает новые возможности решения инженерных технических и технологических задач, например, рассмотренных в статьях [20–29].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильков Г.В. Эволюционные задачи строительной механики. Синергетическая парадигма // Ростов-на-Дону: ИнфоСервис, 2003. 180 с.
2. Рабинович И.М. Вопросы теории статического расчета сооружений с односторонними связями // М.: Стройиздат. 1975. 144 с.
3. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. 4-е изд., перераб. // М.: Издательство СКАД СОФТ. 2011. 736 с.

4. Moreau J. J. Quadratic programming in mechanics: dynamics of one-sided constraints //SIAM Journal on control. 1966. Т. 4. №. 1. С. 153–158. <http://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/0304014?journalCode=sjcodc.2>
5. 011Гордеев В. Н., Перельмутер А. В. Расчет упругих систем с односторонними связями, как задача квадратичного программирования //В сб.: Исследования по теории сооружений. 1967. №. 15. С. 208–215.
6. Аверин А.Н., Пузаков А.Ю. Расчет систем с односторонними связями //Строительная механика и конструкции. 2015. Т. 1. № 10. С. 15–32.
7. Ким Т. С., Яцура В. Г. Расчет систем с односторонними связями как задача о дополнителности // Строительная механика и расчет сооружений. 1989. №3. С. 41–43.
8. Ferris M. C., Pang J. S. Engineering and economic applications of complementarity problems//SIAM Review. 1997. Т. 39. №. 4. С. 669–713.
9. Ловцов А.Д. Разработка методов решения задач строительной механики с учетом трения и односторонних связей // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский политехнический университет. Санкт-Петербург, 2006. 32 с.
10. Zheng H., Li X. Mixed linear complementarity formulation of discontinuous deformation analysis //International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2015. – Т. 75. – С. 23–32.
11. Колесников Г.Н. Об очередности жордановых исключений в алгоритмах моделирования механических систем с односторонними связями // Депонированная рукопись № 2028–В2003 21.11.2003. 12 с.
12. Колесников Г.Н. Дискретные модели механических и биомеханических систем с односторонними связями //М-во образования Рос. Федерации, Петрозавод. гос. ун-т. Петрозаводск, 2004. 204 с.
13. Колесников Г.Н., Раковская М.И. Энергетический критерий очередности перехода односторонних связей в действительное состояние //Обзорные прикладной и промышленной математики. 2006. Т. 13. С. 652.
14. Колесников Г.Н., Раковская М.И. К обоснованию энергетического критерия очередности перехода односторонних связей механических систем из возможного состояния в действительное состояние // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 4. С. 80–81.
15. Раковская М.И. Численное моделирование механических систем с односторонними ограничениями поступательных и вращательных степеней свободы // 2-я Международная конференция "Проблемы нелинейной механики деформируемого твердого тела" (8–11 декабря 2009 года, г.Казань, Казанский государственный университет), труды конференции, Казань, 2009. С.302–305.
16. Лукашевич А.А., Розин Л.А. О решении контактных задач строительной механики с односторонними связями и трением методом пошагового анализа // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1 (36). С. 75–81.
17. Иванов Ю.С. Алгоритмы расчета сил взаимодействия элементов упругих систем с односторонними связями //Машиностроение и инженерное образование. 2008. № 3. С. 68–71.
18. Люминарский И.Е., Люминарский С.Е. Метод расчета линейных систем, ограниченных односторонними связями, при статическом нагружении // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2009. № 2. С. 84–90.
19. Гольдштейн Ю.Б. Линеаризованная задача устойчивости стержневой конструкции с односторонними связями //Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. № 2. С. 66–71.
20. Колесников Г.Н. Алгоритм декомпозиции линейной задачи дополнителности и его применение для моделирования соударений балансов в корообдирочном барабане //ResourcesandTechnology. 2013. Т. 10. № 2. С. 111–138.
21. Колесников Г.Н., Девятникова Л.А., Дослехова Н.А., Васильев С.Б. Уточненная модель влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 105. С. 413–425.
22. Колесников Г.Н., Дослехова Н.А. Закономерности соударений и качество очистки балансов неодинакового диаметра в корообдирочном барабане //Фундаментальные исследования. 2013. № 10–15. С. 3328–3331.
23. Питухин А.В., Васильев С.Б., Панов Н.Г., Колесников Г.Н. Наноструктура клея и прочность древесно-стружечных плит //AustrianJournalofTechnicalandNaturalSciences. 2014. № 7–8. С. 22–24.
24. Суханов М.А., Андреев А.А., Колесников Г.Н. Сравнительная прочность при сдвиге клеевых и цементно-песчаных швов, соединяющих блоки из древесно-цементного материала //Современные научные исследования и инновации. 2014. № 7 (39). С. 94–97.
25. Андреев А.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Сютёв В.С. Влияние новой полимерно-минеральной добавки на прочность древесно-цементного материала для малоэтажного строительства //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 2–2 (7–2). С. 292–296.
26. Гаврилов Т.А. Исследование эффективности работы оборудования для тонкого измельчения мясо-рыбных кормов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 87. С. 112–122.
27. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскря балансов на фракционный состав щепы // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 3 (86). С. 120–124.
28. Зайцева М.И., Девятникова Л.А., Никонова Ю.В., Колесников Г.Н. Информационные технологии в научно-исследовательской работе студентов технических факультетов // В сборнике: Информационная среда ВУЗа XXI века. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2013. С. 86–89.
29. Питухин А.В., Панов Н.Г., Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Влияние добавки нанопорошкашунгита в клеевой раствор для изготовления трёхслойных древесностружечных плит на их физико-механические свойства //Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. С. 147.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОГО КВАРАНТИНА

## MATHEMATICAL MODELING OF COMPUTER NETWORK SECURITY SYSTEM USING DYNAMIC QUARANTINE

*N. Semykina*

### Annotation

In the article the mathematical model of worm propagation under dynamic quarantine is considered. The model is described as the discrete problem of optimal control. The necessary conditions of optimality are formulated. Numerical simulations are provided for Slammer worm epidemic.

**Keywords:** computer virus, mathematical model, dynamic quarantine, discrete task, optimal control.

*Семькина Наталья Александровна*

*К.ф.-м.н., доцент,  
ФГБОУ ВПО "Тверской Государственный  
университет"*

### Аннотация

Рассматривается математическая модель распространения вирусов в компьютерной сети с учетом динамического карантина. Данная модель формализуется как дискретная задача оптимального управления. Сформулированы необходимые условия оптимальности. Получено численное решение для примера эпидемии сетевого червя SQL Slammer.

### Ключевые слова:

Компьютерный вирус, математическая модель, динамический карантин, дискретная задача, оптимальное управление.

С каждым годом растет количество атак вредоносного программного обеспечения на инфраструктуру вычислительных сетей всех уровней. По статистическим данным только за последние пять лет поток вирусов в сети Интернет увеличился в шесть раз [1]. Вирусные атаки приобретают форму глобальной сетевых эпидемий, благодаря сети Интернет и большим пропускным способностям каналов передачи информации. Поэтому исследования в области защиты компьютерных сетей необходимы и актуальны. Одним из способов исследования является математическое моделирование.

Авторы статьи [2] рассмотрели и обосновали применение одного из средств автоматического смягчения распространения эпидемии сетевого червя – динамический карантин. Под динамическим карантинном подразумевается техническое устройство, которое срабатывает каждый раз, когда компьютер ведет себя атипично, блокируя трафик. Через определенный промежуток времени хост с карантина выпускают, даже если он не был проверен на наличие вируса. Построенная модель в [2] не лишена недостатков.

**Во-первых**, авторы предполагали, что лечение компьютеров будут производить сотрудники службы безопасности (т.е. в ручном режиме). Однако, скорость лечения инфицированных хостов рассматривалась как по-

стоянная функция на всем промежутке времени исследования, не зависящая от времени. А это больше соответствует автоматическому режиму.

**Во-вторых**, авторы не учли иммунизацию неинфицированных компьютеров. В реальных же условиях лечение и иммунизация происходит одновременно за счет установки антивирусного программного обеспечения или установки специально разработанного патча. При этом иммунитет приобретают не только инфицированные компьютеры, но и уязвимые.

Построим математическую модель, учтя эти недостатки. Используем предложенный в [2] вид функции роста числа зараженных компьютеров для описания динамики численности компьютеров. Данную модель формализуем как дискретную задачу. Введем следующие обозначения:  $S^i$  – число неинфицированные хостов, восприимчивых к заражению вирусом в  $i$ -й период времени, при этом

$$i = \overline{0, q}$$

$I^i$  – количество зараженных машин в  $i$ -й период времени

$$i = \overline{0, q}$$

$R^i$  – число хостов невосприимчивых к вредоносному коду,

т. е. невосприимчивых хостов в  $i$ -й период времени.

Тогда, в любой момент времени будет выполняться условие  $S^i + I^i + R^i = N^i$ , где  $i = \overline{0, q}$

Величины  $u^i$  и  $v^i$ ,  $i = \overline{0, q-1}$

будем рассматривать как управления, которые характеризуют иммунизацию и лечение восприимчивых и инфицированных компьютеров в  $i$ -й период времени.

На управление накладываются ограничения, связанные с техническими и экономическими возможностями

$$u^i \geq 0, v^i \geq 0, 0 \leq u^i + v^i \leq U_{\max}, i = \overline{0, q-1}. \quad (1)$$

Динамика численности узлов компьютерной сети всех типов описывается рекуррентными соотношениями:

$$\begin{aligned} S^{i+1} &= S^i + \tau(bS^i - \beta^i S^i I^i - \mu S^i - u^i S^i) \\ I^{i+1} &= I^i + \tau(\beta^i S^i I^i - v^i I^i - \mu I^i) \\ R^{i+1} &= R^i + \tau(u^i S^i + v^i I^i - \mu R^i) \end{aligned} \quad (2)$$

где  $S^0 = S_0, I^0 = I_0, R^0 = R_0$ , – фиксировано,

$$\beta^i = \tilde{\beta} \frac{1 + v^i T_k}{1 + (\lambda_1 + v^i) T_k} \cdot \frac{1}{1 + \lambda_2 T_k}, i = \overline{0, q}$$

Здесь

$\tau$  – временной параметр,

$b$  – параметр, характеризующий скорость прироста новых уязвимых узлов,

$\mu$  – коэффициент, характеризующий постоянную скорость отключения компьютеров от сети, при этом отключение не связано с вирусной атакой.

$\tilde{\beta}$  – скорость распространения вируса,

$1/\lambda_1$  – время, за которое инфицированный узел будет обнаружен и помещен на карантин,

$1/\lambda_2$  – время, в течение которого подозрительный узел не являющийся зараженным помещается на карантин,  $T_k$  – общее время карантина.

Целью противовирусных мероприятий для компьютерной сети будет условие, чтобы в конечный момент времени  $q$  большая часть компьютеров (не менее 80%) являлись невосприимчивыми к заражению, т.е.

$$R^q \geq 0,8N^q, \text{ где } N^q = S^q + I^q + R^q.$$

Учтем данное ограничение в функционале с помощью положительной срезки. Тогда дискретная задача оптимального управления будет состоять в минимизации функционала

$$J([u, v]) = A \left[ \max\{0; 0,8N^q - R^q\} \right]^2, \quad (3)$$

где  $A > 0$  – масштабирующий множитель.

В силу выпуклости множества достижимости в данной задаче справедливо необходимое условие оптимальнос-

ти в виде принципа максимума для дискретных задач оптимального управления.

**Теорема.**

Пусть система управления описывается уравнениями (2) и

$$u^i, v^i, i = \overline{0, q-1}, S^i, I^i, R^i, i = \overline{0, q},$$

соответственно оптимальные управления и оптимальные траектории, минимизирующие функционал (3). Все функции задачи (1) – (3) являются непрерывно дифференцируемыми. Тогда если множества допустимости выпуклы, найдутся такие не все равные нулю векторы

$$p_S^{i+1}, p_I^{i+1}, p_R^{i+1}, i = \overline{1, q},$$

что выполняются условия:

$$\begin{aligned} 1) \quad & p_S^i - p_S^{i+1} (1 - \tau(\beta^i I^i + \mu + u^i)) - \\ & - p_I^{i+1} \tau \beta^i I^i - p_R^{i+1} \tau u^i = 0, i = \overline{1, q-1}, \\ & p_I^i - p_I^{i+1} (1 + \tau(\beta^i S^i - \mu - v^i)) + \\ & + p_S^{i+1} \tau \beta^i S^i - p_R^{i+1} \tau v^i = 0, i = \overline{1, q-1}, \\ & p_R^i - p_R^{i+1} (1 - \tau \mu) = 0, i = \overline{1, q-1}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad & p_S^q = p_I^q = -1,6A \left[ \max\{0; 0,8N^q - R^q\} \right] \\ & p_R^q = 0,4A \left[ \max\{0; 0,8N^q - R^q\} \right] \end{aligned}$$

3) оптимальное управление определяется из решения задачи максимизации нелинейного программирования

$$\begin{aligned} & \sum_{i=0}^{q-1} \tau \left( \tilde{\beta} \frac{1 + v^i T_k}{1 + (\lambda_1 + v^i) T_k} \cdot \frac{1}{1 + \lambda_2 T_k} S^i I^i (p_I^{i+1} - p_S^{i+1}) + \right. \\ & \left. + u^i S^i (p_R^{i+1} - p_S^{i+1}) + v^i I^i (p_R^{i+1} - p_I^{i+1}) \right) \rightarrow \max_{u, v} \\ & u^i \geq 0, v^i \geq 0, 0 \leq u^i + v^i \leq U_{\max}, i = \overline{1, q}. \end{aligned}$$

Исследуем задачу (1) – (3) на конкретном примере. Для этого рассмотрим одну из эпидемий сетевого червя SQL Slammer [3, 4].

Данный вирус в январе 2003 года за 10 минут атаковал и инфицировал около 75 тыс. компьютеров по всему миру. На ранней стадии число зараженных машин удваивалось каждые 8,5 секунды. Через три минуты после запуска вирус сканировал уже 55 млн. хостов в секунду.

В результате этого было поражено около 500000 серверов, и отключило Южную Корею от интернета на 12

часов.

В Соединенных Штатах произошли перебои в работе оборудования, подключенного к сети Internet, так например, возникли проблемы с системой резервирования авиабилетов, происходили задержки рейсов, а также перестали работать 13 тысяч банковских автоматов [3, 4].

Для построения численного решения воспользуемся методом градиентного спуска.

Используем следующие параметры:

$$\begin{aligned}\tilde{\beta} &= 0,0698, \\ \lambda_1 &= 0,2, \\ \lambda_2 &= 0,00002315, \\ b &= 0,00001, \\ \mu &= 0,00001, \\ Tk &= 0,016.\end{aligned}$$

Результаты численных экспериментов представлены в виде графиков функций.

Ниже на рис. 1 представлены результаты сравнения статистических данных исходной модели с учетом карантина и лечения [2] и модифицированной модели (1) – (3).

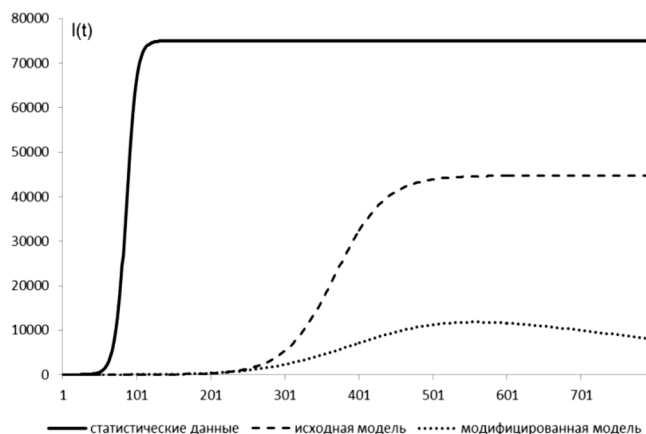


Рисунок 1. Динамика распространения сетевого червя Slammer.

Как можно заметить из представленных графиков учет лечения зараженных и иммунизации неинфицированных хостов в виде функции управления, зависящей от времени, дает наилучший результат. То есть, фактор сдерживания в виде динамического карантина может существенно замедлить распространение вредоносного кода. А если на начальном этапе установить специально разработанный патч, то это может помочь предотвратить развитие эпидемии компьютерных вирусов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.av-test.org/en/statistics/malware/> (дата обращения 10. 08. 2015)
2. C. C. Zou, W. Gong, and D. Towsley. Worm Propagation Modeling and Analysis under Dynamic Quarantine Defense. ACM CCS Workshop on Rapid Malcode (WORM'03), Oct. 27, Washington DC, USA, 2003.
3. Последний компьютерный вирус побил рекорды скорости распространения инфекции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/04feb2003/slammer.html> (дата обращения 9. 08. 2015)
4. D. Moore, V. Paxson, S. Savage, C. Shannon, S. Staniford, N. Weaver. Inside the Slammer Worm // IEEE Security and Privacy, vol. 1, № 4, pp. 33–39, Aug 2003. URL: <http://www.icir.org/vern/papers/IEEESP03.pdf> (дата обращения 9. 08. 2015)

© Н.А. Семькина, ( [semkina.tversu@yandex.ru](mailto:semkina.tversu@yandex.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



ФГБОУ ВПО «Тверской Государственный университет»

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

### ENVIRONMENTAL MONITORING AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

*D. Barybin  
Y. Abel  
A. Morozov  
S. Parshin*

#### Annotation

Environmental monitoring at hazardous production facilities is an important tool in protecting the environment. Most accidents can provoke impacts on the environment and significantly pollute the environment. Preventing accidents is governed by compliance with the safety requirements at hazardous production facilities.

A major role in ensuring of environmental safety at hazardous production facilities plays a environmental control. Also, the important tool for environmental control is the declaration of industrial safety. In the process of declaring it includes a wide range of tools to ensure the environmental safety. In this paper, the basic concepts of environmental monitoring at hazardous production facilities are treated.

The list of the main activities of organization of environmental monitoring at hazardous production facilities is presented.

The main tools in the analysis of environmental threats of the accidents are formulated. Despite the comprehensiveness of legislation documents in the field of industrial safety, the standards of environmental monitoring at hazardous production facilities are not enough fully described.

Development of new modern requirements for environmental control and safety will improve the overall level of environmental safety.

**Keywords:** industrial safety, ecological monitoring, hazardous industrial facilities.

*Барыбин Денис Александрович  
Директор ОФ ООО "ГорМаш-ЮЛ",  
эксперт Единой системы оценки в горнорудной  
промышленности, специалист по  
неразрушающему контролю 2-го уровня  
Абель Юрий Владимирович  
Нач. лаб. неразрушающего контроля,  
эксперт Единой системы оценки в  
горнорудной промышленности  
Морозов Александр Федорович  
Южно-Российский государственный  
политехнический университет им. М.И. Платова,  
Эксперт Единой системы оценки в  
горнорудной промышленности  
Паршин Сергей Иванович  
Ленинградский горный  
институт им. Г.В. Плеханова, Спец.  
неразрушающего контроля 2-го уровня*

#### Аннотация

Экологический контроль на опасных производственных объектах является важным инструментом в обеспечении охраны окружающей среды. Часто аварии могут спровоцировать воздействия на окружающую среду и значительно ухудшить экологическую обстановку. Предупреждение возникновения аварий регулируется путем соблюдения требований безопасности на опасных производственных объектах. Большую роль в обеспечении экологической безопасности на опасном производственном объекте играет экологический контроль. Важным инструментом экологического контроля является декларирование промышленной безопасности. В процесс декларирования входит широкий спектр инструментов по обеспечению экологической безопасности. В данной работе рассмотрены основные понятия экологического контроля на опасном производственном объекте. Приведен основной перечень работ по организации экологического контроля на опасных производственных объектах. Сформулированы основные инструменты в анализе экологической угрозы при возникновении аварий. Несмотря на всеобъемлемость законодательства в области промышленной безопасности, в нем недостаточно полно описаны нормы экологического контроля на опасных производственных объектах. Разработка новых современных требований к экологическому контролю и промышленной безопасности позволит повысить общий уровень экологической безопасности.

#### Ключевые слова:

Промышленная безопасность, экологический контроль, опасные производственные объекты.

Обеспечение безопасности на опасных производственных объектах является важной задачей в политике государства и регламентируется ФЗ-116 [1]. В данном законе детально описано такое поня-

тие, как авария. Это комплексное понятие объединяет в себе такие происшествия на опасном производственном объекте как взрыв, выброс опасных веществ, пожар, повреждение технических устройств и т.п. Все эти события



могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и природе, нарушение условий жизнедеятельности людей и материальные потери. В РФ существует большое количество источников, которые способны нанести непоправимый вред окружающей среде (рис.1). Среди всех этих последствий стоит выделить тот пункт, в котором говорится об ущербе природной среде, который может быть нанесен в результате возникновения аварии.

Предупреждение возникновения аварий регулируется путем соблюдения требований безопасности на опасных производственных объектах. В частности, технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности, что значительно снижает риск возникновения аварий.

Как правило, особое внимание уделяется работе с опасными веществами, такими как воспламеняющиеся газы, окисляющие вещества, горючие вещества, взрывчатые вещества, токсичные вещества и все они, в случае возникновения аварии, представляют опасность для окружающей среды.

*К основным инструментам, препятствующим возникновению аварий, которые могут нанести ущерб окружающей среде, можно отнести:*

- ◆ Требования безопасности к техническим устройствам на опасном производственном объекте;
- ◆ Требования безопасности к строительству, проектированию, приемке в эксплуатацию и эксплуатации опасных производственных объектов;
- ◆ Экспертиза промышленной безопасности;
- ◆ Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности;
- ◆ Декларирование промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- ◆ Страхование ответственности за причинение вреда окружающей среде;
- ◆ Государственный надзор в области промышленной безопасности;
- ◆ Меры ответственности в случае нарушений положения документов о промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

Большую роль в обеспечении экологической безопасности на опасном производственном объекте играет грамотная разработка и реализация программы экологического контроля, что обеспечивает соблюдение экологических требований на опасном производстве. Важным инструментом в обеспечении экологической безопасности окружающей среды является декларирование безопасности промышленного объекта [1] и составление экологического паспорта предприятия. Согласно [1] разработка декларации должна включать всесторонний ана-



Рисунок 1 - Источники вредных воздействий на экологию.

лиз и оценку риска аварий, а также анализ экологической угрозы. Такого рода анализ производится на базе данных мониторинга и аудита на опасном производственном объекте. Опасный производственный объект подлежит декларированию в том случае, если на нем находятся в обращении опасные вещества в количествах выше определенного порогового значения (данные таких показателей приведены в [1]).

Анализ и мониторинг риска аварий на опасных производственных объектах входит в одну большую систему контроля промышленной и экологической безопасности. Данный вид мониторинга заключается в анализе всей

доступной информации для определения опасностей и оценок рисков возникновения событий, которые могут повлечь за собой нежелательное воздействие на окружающую среду.

*Мониторинг риска аварий можно разделить на несколько стадий:*

- ◆ сбор информации;
- ◆ анализ и оценка риска;
- ◆ осуществление контроля экологической и промышленной безопасности.

Помимо роли Ростехнадзора в формировании политики экологического контроля на опасных производственных объектах, нельзя не отметить роль самой организации в этом. Руководство организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, должно осуществлять производственный экологический контроль во избежание нарушений законодательства в области защиты окружающей среды, главным из которых является 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" [2]. При организации производственного экологического контроля персонал должен руководствоваться рядом документов: федеральными актами и стандартами в области охраны окружающей среды и экологической безопасности; федеральными нормативными документами, которые регламентируют допустимые нормативы воздействия на окружающую среду, пределы размещения отходов, ответственность за нарушение природоохранного законодательства; региональные и отраслевые документы в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

*В задачи экологического контроля, который должна проводить организация, входит широкий круг мероприятий:*

- ◆ Контроль за реализацией планов по охране окружающей среды;
- ◆ График по контролю выбросов и обращению отходов;
- ◆ Контроль за реализацией мероприятий, связанных с обеспечением экологической безопасности и охраной окружающей среды;

- ◆ Контроль предельно допустимых уровней воздействия на окружающую среду;
- ◆ Формирование графика периодического контроля на опасном производственном объекте, за соблюдением требований нормативной документации в области экологической безопасности и охраны окружающей среды;
- ◆ Анализ компоновки технологических процессов с точки зрения обеспечения экологической безопасности и другие.

Предполагается, что на опасном производственном объекте будет разработан специальный документ (положение о экологическом контроле), который будет устанавливать обязанности руководителей различного уровня за осуществлением экологического контроля. Как правило, к такому персоналу относятся (помимо руководителя организации) главный инженер, главный технолог (главный механик, главный энергетик), и начальник отдела охраны труда.

К основным видам анализа состояния окружающей среды на опасных производственных объектах можно отнести следующие виды контроля: контроль загрязнения почвы, природных вод и атмосферного воздуха. Качественный и количественный анализ дает развернутую информацию о влиянии производственного процесса на окружающую среду. В большинстве своем аналитические измерения проводятся сторонними аккредитованными лабораториями по графику, который устанавливается природоохранными организациями.

Несмотря на всеобъемлемость 116-ФЗ, в нем недостаточно полно описаны нормы экологического контроля на опасных производственных объектах. В функции Ростехнадзора входит осуществление экологического контроля и надзора на опасном производстве, однако нельзя не отметить несовершенство нормативно-законодательной базы, которая регламентирует особенности экологического контроля и надзора на опасных производственных объектах. Таким образом, лишь ужесточение мер ответственности предприятий, эксплуатирующих опасный производственный объект, за нарушения в области экологической безопасности, позволит обеспечить высокий уровень экологического контроля и благоприятную экологическую обстановку в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. Федеральный закон РФ от 10.01.2002 №7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
3. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 285 "О перечне объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю".

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОБЪЕКТАХ В ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### INDUSTRIAL SAFETY AT FACILITIES IN THE MINING INDUSTRY

*D. Barybin  
Y. Abel  
A. Morozov  
S. Parshin*

#### Annotation

The big requirement for substances of various nature (metals, ceramics, inorganic materials) has historically need to the emergence and development of one of the most important sectors for economic development – mining industry. Mining industry characterized by large capacity, large area and a large number of hazardous industrial facilities. At the same time the mining industry produces increasing amounts of minerals, the number of occupational accidents grows.

The industry is one of the undoubted leaders in the number of accidents and casualties. In this paper, the basic aspects of industrial safety at hazardous production facilities of the mining industry were treated.

The main activities to ensure industrial safety in the industry were presented. The basic organizational aspects in the implementation of industrial safety in the mining industry were formulated. It should be noted that all the above requirements to industrial safety in the mining industry are very carefully formulated, unlike other industries

Legislation in the field of industrial safety adequately regulates the whole range of works on industrial safety in the mining industry, but an accident and accidents do not cease to occur. Therefore, a modernization of the existing requirements of industrial safety in the mining industry with their tightening and optimization is needed.

**Keywords:** industrial safety, mining industry, hazardous industrial facilities.

*Барыбин Денис Александрович  
Директор ОФ ООО "ГорМаш-ЮЛ",  
эксперт Единой системы оценки  
в горнорудной промышленности*

*Абель Юрий Владимирович  
Нач. лаб. неразрушающего контроля,  
эксперт Единой системы оценки в  
горнорудной промышленности*

*Морозов Александр Федорович  
Южно-Российский государственный  
политехнический университет им. М.И. Платова,  
Паршин Сергей Иванович  
Ленинградский горный  
институт им. Г.В. Плеханова, Аннотация*

Большая потребность в минерально-сырьевых ресурсах исторически привела к появлению и развитию одной из важных отраслей для развития экономики – горнорудной промышленности. Горнорудная промышленность включает в себя добычу и обогащение различных видов рудного сырья, отличается большими площадями выработки. Вместе с увеличением объема добычи полезных ископаемых, растет и число случаев производственного травматизма, в большей степени, вследствие морального и физического износа производственных фондов, а именно зданий, сооружений, оборудования и техники. Несомненно, данная отрасль относится к числу лидеров по числу аварий и несчастных случаев. В данной работе рассмотрены основные аспекты промышленной безопасности на опасных производственных объектах горнорудной промышленности. Приведены наиболее важные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности в данной отрасли. Сформулированы основные организационные аспекты в реализации промышленной безопасности в горнорудной промышленности. Стоит отметить, что все рассмотренные требования в области промышленной безопасности в горнорудной промышленности тщательно сформулированы в законодательстве и достаточно полно регламентируют весь спектр работ по обеспечению промышленной безопасности в горнорудной промышленности, однако аварии и несчастные случаи не перестают происходить. Поэтому требуется модернизация существующих требований промышленной безопасности в горнорудной промышленности с их ужесточением и оптимизацией.

*Ключевые слова:*

Промышленная безопасность, горнорудная промышленность, опасные производственные объекты.

**Б**ольшая потребность в минерально-сырьевых ресурсах исторически привела к появлению и развитию одной из важных отраслей для развития экономики – горнорудной промышленности. Развитию данной отрасли способствовало то, что РФ обладает значительными запасами полезных ископаемых. Вместе с уве-

личением объема добычи полезных ископаемых, растет и число случаев производственного травматизма, в большей степени, вследствие морального и физического износа производственных фондов, а именно зданий, сооружений, оборудования и техники. Без тени сомнения, можно отметить, что горнорудная промышленность является

одним из лидеров по промышленному травматизму, и также отличается большим числом аварий, не редко приводящим к техногенным катастрофам (рис. 1). К примеру, одной из серьезных катастроф недавнего времени, является провал грунта над карстовой полостью на руднике "Уралкалий", в результате которой был нанесён ущерб не только окружающей среде, но и местному населению (это около двух тысяч человек), которое было переселено из опасной зоны [1].



Рисунок 1 - Добыча руды:  
а - промышленный взрыв в карьере,  
б - добыча руды открытым способом

В целом, промышленная безопасность на опасных производственных объектах регламентируется ФЗ-116 [2]. Однако, данный закон устанавливает только общие требования. Специфические требования к промышленной безопасности в данной отрасли регламентируются Приказом Ростехнадзора N 599 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" [3].

Ниже сформулируем особенности организации работ в данной отрасли.

Все объекты, на которых проводятся переработка полезных ископаемых и проведение горных работ, которые относятся к категории опасных производственных объектов, должны быть зарегистрированы в реестре опасных производственных объектов. Организации, которые эксплуатируют такие объекты, в обязательном порядке должны разрабатывать декларации промышленной безопасности. В установленном порядке должен быть оформлен горный отвод (границы горного отвода) в пределах которого будут проводиться горные работы. Отдельным пунктом можно выделить обязательную необходимость реализации ряда работ по промышленной безопасности.

*В большинстве своем такие требования накладываются на руководство, которое обязано проводить целый комплекс мероприятий:*

- ◆ Должен быть реализован производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности. Вся ответственность за реализацию контроля ложится на руководителя организации. В обязательном порядке должно быть разработано положение о производственном контроле. Особым требованием к промышленной безопасности является автоматизация и дистанционное управление за соблюдением промышленной безопасности: организации обязаны разработать систему управления промышленной безопасности. Последнее требование очень важно, поскольку объекты горнорудной промышленности характеризуются большими площадями, в которых необходимо контролировать безопасность, и существуют большие угрозы обрушений, взрывов и т.п.

- ◆ Должен быть заключен договор обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного производственного объекта горнорудной промышленности за причинение вреда;

- ◆ Должны быть разработаны планы мероприятий по ликвидации и локализации последствий аварий;

- ◆ Должны быть заключены договоры с аварийно-спасательными службами.

Поскольку горнорудная промышленность очень обширна, то существуют специальные требования к ведению работ. Если ведение работ проводится в селеопасных и лавиноопасных районах, то должен быть разработан план мероприятий по защите объектов. Должны быть обязательно организованы мероприятия по оценке опасности работы на объекте и рабочих местах. Каждый несчастный случай, инцидент, авария должны быть зарегистрированы, расследованы и учтены. О каждом таком случае должно быть проинформировано руководство. В особом порядке реализовывается порядок действий с

взрывчатыми веществами и их хранением. Все лица, работающие на опасном производственном объекте горнорудной промышленности, должны получить соответствующий допуск.

Нельзя не отметить необходимость разработки полного набора документов по промышленной безопасности (инструкции для всех видов работ, технологические карты, технологические регламенты). Каждое рабочее место должно быть осмотрено техническим руководителем смены на предмет нарушения требований безопасности. Особое требование накладывается на работу систем жизнеобеспечения, которые запрещается останавливать без разрешения технического руководителя.

Правила [3] достаточно обширны и содержат не только общие аспекты о реализации промышленной безопасности, но и особые требования к ведению работ подземным способом, проветриванию подземных выработок, разработке месторождений солей, разработке многолетнемерзлых месторождений и других.

К одним из комплекса мероприятий по обеспечению промышленной безопасности является предупреждение воспламенения газа, в которые входит: запрет на использование открытого огня, применение предохранительных ламп для освещения, сокращение числа взрывных работ, применение предохранительных взрывчатых материалов при ведении взрывных работ, использование искро- и взрывобезопасного оборудования. Для снижения вероятности взрыва в шахтах, проводится проветривание рудников с использованием специальных установок. На отдельных рудниках, например, на калийных рудниках, используется центральная система проветривания.

Другим очень опасным явлением является горный удар, который может приводить к множественным разрушениям. Для снижения вероятности его возникновения используются различные подходы, снижающие напряжения в породах: снижение горного давления на пласт, изменение деформированного состояния пород и состояния призабойной зоны.

Одной из важных задач по обеспечению промышленной безопасности является профилактика возникновения пожаров. Это реализуется следующим образом: снижается вероятность контакта горючего вещества с источником теплового импульса и окислителем одновременно; локализуется возникновение высокоэнергетических тепловых импульсов в местах совместного нахождения окислителя и горючего вещества. Вместе с этим должны быть предусмотрены мероприятия по эффективному тушению пожаров, которые связаны с удалением окислителя и горючего из зоны горения, изоляции горючего от окислителя, замедление реакции горения химическим путем.

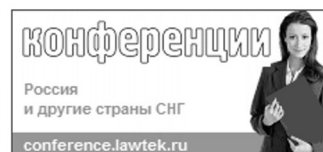
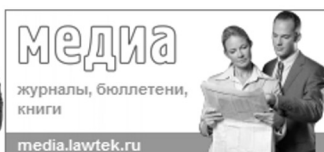
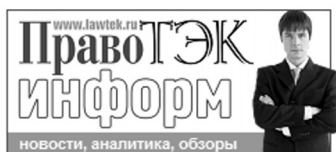
Особые требования накладываются на обязательное использование негорючих материалов для надшахтных зданий, копров, шурфов, штолен. Опасные производственные объекты горнорудной промышленности должны быть оборудованы установками оповещения о возникновении пожара и установками пожаротушения (автоматические, либо дистанционные).

Стоит отметить, что строгое соблюдение и жёсткий контроль исполнения вышеперечисленных требований, несомненно, приведёт к повышению уровня промышленной безопасности на опасных промышленных объектах, снизит риск аварий и производственного травматизма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лонский, О.В. Промышленная безопасность. учеб. пособие. Часть 4. Опасные производственные объекты горнорудной промышленности / О.В. Лонский. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 99 с
2. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116–ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2013 г. N 599 "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых".

© Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель, А.Ф. Морозов, С.И. Паршин, ( Barybin\_da@list.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



## ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КИСЛОРОДОПРОВОДОВ

### EXAMINATION OF INDUSTRIAL SAFETY OF OXYGEN PIPELINES

*V. Danilov  
A. Derunov  
I. Muravskaya  
N. Larochkina*

#### Annotation

Technological pipelines are practically the part of any industries. Ensuring safe operation of industrial pipelines is an important task, and one of the activities to ensure industrial safety of such objects is the examination of industrial safety. This work is devoted to the issue of industrial safety expertise of oxygen pipelines.

The main aspects of the examination of industrial safety of oxygen pipelines were analyzed. Development of new regulatory requirements relevant to the examination of industrial safety of oxygen pipelines is the first task that will greatly enhance the safety of their operation in the nearest future.

**Keywords:** industrial safety, examination, pipes.

*Данилов Валерий Николаевич  
Технический директор  
ООО "Аттестация"*

*Дерунов Алексей Николаевич  
Ген. директор  
ООО "Аттестация"*

*Муравская Ирина Ивановна  
Вед. специалист  
ООО "Аттестация"*

*Ларочкина Наталия Михайловна  
Директор  
ООО НТЦ "Эксперт"*

#### Аннотация

Технологические трубопроводы являются частью практически любого производства. Обеспечение безопасной эксплуатации технологических трубопроводов является важной задачей и одним из мероприятий по обеспечению промышленной безопасности таких объектов является экспертиза промышленной безопасности. Данная работа посвящена рассмотрению вопроса экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов. Проанализированы основные аспекты проведения экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов. Разработка новых актуальных нормативных требований к проведению экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов является первостепенной задачей и в будущем значительно повысит безопасность их эксплуатации.

#### Ключевые слова:

Промышленная безопасность, экспертиза, трубопроводы.

Технологические трубопроводы являются частью практически любого производства. Обеспечение безопасной эксплуатации технологических трубопроводов является важной задачей, регламентируемой на государственном уровне. Одним из мероприятий по обеспечению промышленной безопасности таких объектов является экспертиза промышленной безопасности. Данная работа посвящена рассмотрению вопроса экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов.

В общем виде, требования к экспертизе промышленной безопасности изложены в ФЗ-116 [1]. Однако данный закон сочетает в себе лишь общие, для всех объектов правовые нормы, в то время как существуют специальные нормативные документы, на которые опираются при проведении экспертизы промышленной безопасности.

Одной из глобальных целей экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов является определение их технического состояния для последующей оценки возможности безопасной эксплуатации и условий, при

которых эксплуатация трубопровода будет безопасной.

Начальным этапом проведения экспертизы промышленной безопасности является анализ технической документации на кислородопровод и оценка соответствия фактического состояния трубопровода, требованиям, указанным в ней:

- ◆ Определение соответствия эксплуатационной документации нормам нормативно-технической документации;
- ◆ Определение правильности проведенного монтажа в соответствии с нормативно-технической документацией;
- ◆ Анализ документации на кислородопровод (схемы и паспорт кислородопровода) с целью определения следующих моментов:
  - Год монтажа;
  - Время нахождения в эксплуатации;
  - Назначение кислородопровода и его роль в технологическом процессе;
  - Рабочее давление и т.д.;

- ◆ Установление диаметров труб, толщин стенок и материалов, из которых изготовлен кислородопровод на всех участках;
- ◆ Установление вида сварки, используемого при монтаже и изготовлении основных элементов кислородопровода;
- ◆ Анализ сведений о ранее проведенном техническом диагностировании. Этот этап является наиболее важным, поскольку он может дать информации о состоянии кислородопровода в определенный момент до проведения экспертизы промышленной безопасности.

Одним из основных составляющих компонентов экспертизы промышленной безопасности является техническое диагностирование. Последнее мероприятие предусматривает целый спектр работ с использованием неразрушающего контроля и включает в себя:

- ◆ Проведение визуального контроля кислородопровода. Проверка наружных поверхностей на предмет наличия трещин, дефектов, следов коррозии, правильность установки запорных устройств и другие. Визуальный контроль кислородопровода проводится в объеме 100%. Наиболее частыми дефектами кислородопроводов являются повреждения лакокрасочного покрытия, несоответствие выполнения ряда вспомогательных элементов трубопровода и запорной арматуры требованиям нормативной документации (заглушки, задвижки и т.п.). Визуальный осмотр также обращает свое внимание на наличие деформаций.

- ◆ Измерительный контроль кислородопровода:

- Ультразвуковая толщинометрия. При проведении этого контроля проверяется толщина каждого участка труб в объеме 100%. Толщина стенки должна сравниваться с нормативной и отвечать условию прочностью относительно используемого рабочего давления.

- Контроль герметичности. Проводятся испытания на герметичность в объеме 100%. Места обнаружения течей документируются.

- Выборочное проведение магнитопорошкового контроля сварных соединений. Результаты данного контроля принимаются годными, если отсутствуют протяженные дефекты [2]. Данное требование выборочности, конечно же, не является оптимальным с точки зрения обеспечения безопасной эксплуатации кислородопроводов. Стоит отметить, что требования к проведению контроля состояния сварных соединений должны быть проработаны более четко и отражены в нормативной документации.

- ◆ Проведение прочностного расчета и оценка ос-

таточного срока службы кислородопровода. Расчет остаточного срока службы производится при учете действующих напряжений и учетом определенного коррозионного износа. В настоящее время срок службы учитывается при отсутствии недопустимых дефектов, что действительно отражает эту величину на момент проведения диагностирования. Однако появление таких дефектов или действие интенсивной коррозии может значительно его снизить, поэтому важную роль играет проведение обследований для оценки появления новых дефектов или усиления действия коррозии.

По результатам проведения технического диагностирования должны быть сформулированы выводы о техническом состоянии кислородопровода и возможности его безопасной эксплуатации. Также устанавливается рабочее давление кислородопровода, при котором он может эксплуатироваться.

На основании выявленных несоответствий и дефектов формируются требования и рекомендации, которые эксплуатирующая организация должна устранить в определенный срок, после чего данный кислородопровод допускается к эксплуатации с соблюдением требований промышленной безопасности.

Экспертное заключение должно дополняться целым спектром заключений по каждому из видов неразрушающего контроля, а также в качестве приложений должны быть приведены результаты проведения прочностного расчета и оценки остаточного ресурса кислородопровода. Заключительными пунктами приложений к экспертному заключению прилагаются копии удостоверений экспертов, копии лицензии экспертной организации на право проведения экспертизы промышленной безопасности.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что экспертиза промышленной безопасности была и остается одним из самых важных мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации кислородопроводов. Конечно же, существующая нормативная база в этом направлении представляется достаточно полноценной, хотя некоторые пункты, отмеченные выше, нуждаются в более детальной проработке. Разработка новых актуальных нормативных требований к проведению экспертизы промышленной безопасности кислородопроводов является первостепенной задачей и в будущем значительно повысит безопасность их эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. Руководство по безопасности "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов".

## ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕЛИЕВЫХ БАЛЛОНОВ ОБЪЕМОМ ОТ 100Л

### INDUSTRIAL SAFETY EXPERTISE HELIUM CYLINDER VOLUME FROM 100 L

*V. Danilov  
A. Derunov  
I. Muravskaya  
N. Larochkina*

#### Annotation

Pressure vessels are sufficiently large group of objects, the safety of operation, which is very important to control for. One of these objects is the helium vessels with capacity above 100 l. The main approach for the safe operation of such facilities is the examination of industrial safety. This work is devoted to the issue of industrial safety expertise of helium vessels with a volume above 100 l. The main aspects of industrial safety examination of pressure vessels were presented. Thus, the examination of industrial safety is an important tool for ensuring the safe operation of helium vessels.

**Keywords:** industrial safety, vessels under pressure, examination.

*Данилов Валерий Николаевич  
Технический директор ООО "Аттестация"*

*Дерунов Алексей Николаевич  
Ген. директор ООО "Аттестация"*

*Муравская Ирина Ивановна Вед. специалист  
ООО "Аттестация"*

*Ларочкина Наталия Михайловна  
Директор ООО НТЦ "Эксперт"*

#### Аннотация

Сосуды под давлением представляют собой достаточно большую группу объектов, безопасность эксплуатации которых очень важно контролировать. Одним из таких объектов являются гелиевые баллоны объемом от 100 л. Главным мероприятием по обеспечению безопасной эксплуатации таких объектов является экспертиза промышленной безопасности. Данная работа посвящена рассмотрению вопроса экспертизы промышленной безопасности гелиевых баллонов с объемом от 100 л. Приведены основные аспекты проведения экспертизы промышленной безопасности сосудов под давлением. Таким образом, экспертиза промышленной безопасности является важным инструментом обеспечения безопасной эксплуатации гелиевых баллонов.

#### Ключевые слова:

Промышленная безопасность, сосуды под давлением, экспертиза.

Сосуды под давлением представляют собой достаточно большую группу объектов, безопасность эксплуатации которых очень важно контролировать. Безопасная эксплуатация сосудов под давлением на опасных производственных объектах является очень важным аспектом и должна постоянно соблюдаться в соответствии с Федеральным законом [1]. Одним из таких объектов являются гелиевые баллоны объемом от 100 л. Благодаря своим свойствам гелий нашел широкое применение в металлургии, криогенной технике, ядерной промышленности и других областях. Однако транспортировка гелия неотрывно связана с безопасной эксплуатацией гелиевых баллонов. Главным мероприятием по обеспечению безопасной эксплуатации таких объектов является экспертиза промышленной безопасности.

Существует ряд требований промышленной безопасности, которые предъявляются к сосудам под давлением объемом более 100 л. В соответствии с Федеральными нормами и правилами [2] баллоны объемом выше 100 л в обязательном порядке снабжаются предохранительными клапанами. Групповая установка баллонов накладывает требование к установке клапанов на всю группу.

Особое требование предъявляется к нанесению маркировки в верхней части каждого баллона, которое должно содержать сведения об изготовителе и информацию о проведенном техническом освидетельствовании, с обозначением клейма организации, минимального разрешенного давления и массы баллона в пустом состоянии в соответствии с Техническим регламентом [3]. Гелий относится к негорючим газам, но, несмотря на это требования к безопасности баллонов, наполненных гелием, не являются мягче по сравнению с большинством других газов.

Одной из основных целей проведения экспертизы промышленной безопасности баллонов является оценка их соответствия требованиям безопасности, установление возможности их безопасной дальнейшей эксплуатации, а также условий такой эксплуатации и сроков. Как правило, процесс экспертизы начинается с анализа основной документации на гелиевые баллоны, такой как:

- ◆ Паспорт сосуда;
- ◆ Сведения о ранее проведенных экспертизах промышленной безопасности;
- ◆ Чертежи;
- ◆ Данные о прочностных расчетах.



На начальном этапе необходима идентификация баллона с целью определения следующих моментов:

- ◆ Года изготовления и введения в эксплуатацию;
- ◆ Данных о местонахождении и регистрационном номере;
- ◆ Данных о рабочей среде и параметрах рабочей среды, а также характеристиках баллона (давление, температура, емкость баллона; материал, из которого он изготовлен, внутренний диаметр, линейные размеры).

После проведения данного мероприятия должны быть собраны сведения о его термической обработке, способе изготовления, наличии записей о проведении ремонтов в паспорте, наличии нештатных ситуаций, наличии сведений о проведении неразрушающего контроля и других. Данный этап является очень важным, поскольку позволяет собрать целый спектр сведений о фактическом состоянии баллона на момент проведения экспертизы, но из документальных источников. Далее следует этап, на котором оценивается его фактическое состояние и вышеприведенные данные являются основой для сравнения. Важным аспектом является анализ данных и ранее проведенных работ по техническому диагностированию. Анализ результатов позволяет проследить изменение технического состояние баллона за определенный период его эксплуатации, начиная от даты последнего диагностирования до фактического момента проведения экспертизы промышленной безопасности.

Техническое диагностирование гелиевых баллонов вместимостью более 100 л является одним из наиболее трудозатратных и важных работ в проведении экспертизы промышленной безопасности и состоит из четко разделенных между собой мероприятий:

- ◆ Проведение визуального осмотра и геометрических измерений. Данным методом оцениваются эксплуатационные дефекты сосуда в совокупности с коррозионным состоянием сосуда. Особое внимание концентрируется на наружном осмотре в зонах концентрации напряжений (состояния основного металла, арматуры, наличие коррозионных повреждений, а также деформаций);
- ◆ Контроль толщины элементов сосуда. Ультразвуковая толщинометрия позволяет определить толщину стенки сосуда в каждом из контрольных сечений (не менее 4–7 сечения на каждые 500–700 мм). При обнаружении утонения стенок более чем на 10%, 100% поверхности баллона контролируется с помощью проникающих веществ;

- ◆ Определение наличия внутренних дефектов по данным ультразвуковой дефектоскопии. Такой вид дефектоскопии проводится для контроля дефектов основного металла, в особенности на радиусных переходах гелиевого баллона;

- ◆ Контроль проникающими веществами. Очень важный метод контроля, который позволяет определить поверхностные дефекты основного металла и сварных соединений. Контроль проводят не только на цилиндрических участках, но и на радиусных участках горловины.

- ◆ Определение механических характеристик металла. Как правило, наиболее подходящим методом определения характеристик металла является измерение его твердости. Быстрота и информативность данного метода дает основания судить и о других механических характеристиках сосуда. Измерения обычно проводят в области контрольных участков и в районе радиусных переходов горловины;

- ◆ Проведение прочностных расчетов и оценка остаточного ресурса сосуда. Важность этого этапа подтверждается тем, что его результатом является значение остаточного ресурса сосуда, в течение которого его эксплуатация будет безопасной.

- ◆ Проведение пневматических испытаний. При наличии положительных результатов диагностирования, проводят пневматические испытания сосудов. Эти испытания характеризуют фактическую способность баллона выдерживать нагрузку определенным давлением.

На основании всех вышеперечисленных результатов и, главным образом, результатов диагностирования, формируется заключение о возможности безопасной эксплуатации гелиевых баллонов объемом более 100 л. Как правило, в качестве основных документов, соблюдение правил которых обеспечивает безопасную эксплуатацию, в заключении указывают Федеральные нормы и правила [2] и Технический регламент [3].

Таким образом, экспертиза промышленной безопасности является важным инструментом обеспечения безопасной эксплуатации гелиевых баллонов. Именно эта процедура позволяет снизить аварийность на опасных производственных объектах. Стоит предположить, что совершенствование требований к безопасной эксплуатации таких объектов и требований к проведению экспертизы промышленной безопасности позволит выйти на высокий уровень их безаварийной эксплуатации в течение очень длительного периода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением".
3. ТР ТС 032/2013 "О безопасности оборудования работающего под избыточным давлением".

## ВЛИЯНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ТВЕРДОСТИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

**Ковалев В.В.**

*Эксперт в области промышленной безопасности  
ООО "Центр Технической Диагностики"*

**Сячин М.В.**

*Эксперт в области промышленной безопасности  
ООО "Центр Технической Диагностики"*

**Анисимов А.А.**

*Эксперт в области промышленной безопасности  
ООО "Центр Технической Диагностики"*

**Могилевцев Е.А.**

*Эксперт в области промышленной безопасности  
ООО "ГорМаш-Юл"*

**Шилеева А.Ю.**

*Эксперт в области промышленной безопасности  
ООО "Центр Технической Диагностики"*

### EFFECT OF HARDNESS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF METALS

**V. Kovalev  
M. Syachin  
A. Anisimov  
E. Mogilevtsev  
A. Shileeva**

#### Annotation

Ensuring the safe operation of technical devices, buildings and structures of hazardous production facilities is a key task, ensuring that tightly regulated at the legislative level. Examination of industrial safety is one of the main tools, which aims at improving the safe operation of such facilities. One of the important indicators, which can give detailed information about metal, without its destruction, is the hardness. This article is devoted to the measurement of hardness for the purpose of obtaining information about the state of the metal within examination of industrial safety. The main advantages and disadvantages of this method were analyzed. Development of new, modern methods of determining the state of the metal, which includes measurement of hardness, for technical devices, buildings and structures in the future will increase the industrial safety of hazardous production facilities.

**Keywords:** hardness, mechanical properties, industrial safety.

#### Аннотация

Обеспечение безопасной эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений опасных производственных объектов является ключевой задачей, обеспечение которой регламентируется жестко на законодательном уровне. Экспертиза промышленной безопасности является одним из основных инструментов, который направлен на повышение безопасной эксплуатации таких объектов. Одним из важных показателей, который может дать развернутую информацию о металле, без его разрушения, является твердость. Данная работа посвящена измерению твердости для целей получения информации о состоянии металла при экспертизе промышленной безопасности. Проанализированы основные достоинства и недостатки этого метода. Разработка новых, современных методов определения состояния металла, куда входит и измерение твердости, для технических устройств, зданий и сооружения, в будущем позволит повысить промышленную безопасность опасных производственных объектов.

#### Ключевые слова:

Твердость, механические свойства, промышленная безопасность.

**О**беспечение безопасной эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений опасных производственных объектов является ключевой задачей, обеспечение которой регламентируется жестко на законодательном уровне [1].

Экспертиза промышленной безопасности является одним из основных инструментов, который направлен на повышение безопасной эксплуатации таких объектов. Часто экспертиза промышленной безопасности предусматривает оценку состояния металла, определение его механических свойств и т.п. Однако еще чаще взять образцы для исследования от металлических элементов не

представляется возможным. В этом случае одним из важных показателей, который может дать развернутую информацию о металле, без его разрушения, является твердость.

Под показателем твердости материала понимают свойство материала по отношению к оказанию сопротивлению деформаций в поверхностном слое при местном контакте. Измерение твердости основывается на вдавливании поверхностных слоев металла при использовании больших нагрузок. В общем виде, твердость определяет сопротивление металла действию пластических деформаций.

Наиболее распространенными методами определения твердости являются:

- ◆ Определение твердости вдавливанием шарика (по Бринеллю). Метод не позволяет проводить измерения тонких материалов, а также не применяется для материалов с твердостью выше 450 НВ;

- ◆ Определение твердости вдавливанием алмазного конуса или стального закаленного шарика (по Роквеллу). Метод имеет широкое применение. Используется для контроля как мягких, так и твердых материалов;

- ◆ Определение твердости вдавливанием четырехгранной алмазной пирамиды (по Виккерсу). Отличается возможностью испытания материалов с тонким сечением и тонких поверхностных слоев.

У способа измерения твердости существует множество достоинств, при его использовании в контроле состояния металлов:

- ◆ Для ряда пластичных металлов существует количественная связь между твердостью и другими механическими свойствами. Помимо широкого применения способа измерения твердости сталей, ее можно также применять для контроля предела выносливости дюралюминия, меди и отожженных сталей;

- ◆ Измерение твердости обладает достаточно большой простотой, по сравнению с другими показателями пластичности, вязкости, прочности и других. Не требуется изготовление образцов специальной формы и размеров. Требуется только определенное состояние поверхности (ровной горизонтальной площадки);

- ◆ Высокая скорость измерения. Определение твердости одного образца варьируется в диапазоне от 30 с (вдавливание конуса) до 3 мин (вдавливание шарика);

- ◆ Проведение измерений твердости, как правило, не приводит к разрушению образца, поэтому его дальше можно использовать по назначению. Это преимущество отсутствует для многих других методик определения механических свойств, где необходимо изготовление специальных образцов;

- ◆ Твердость подходит для измерения деталей небольшой толщины (десятые доли микрона). В случаях контроля микрообъемов металла, часто используют измерение микротвердости.

Проведение измерений твердости является неотъемлемой частью проведения экспертизы промышленной безопасности и технического диагностирования. По величине важности такого рода измерений можно сравнить их с проведением визуального контроля или, например, ультразвуковой дефектоскопии.

Измерение твердости регламентируется законодательно для многих объектов, поднадзорных Ростехнадзору. Например, в соответствии с Федеральными нормами

и правилами [3] измерение твердости является частью контроля качества сварных соединений сосудов, работающих под давлением. Для сосудов под давлением проведение измерений твердости используется для проверки качества термической обработки сварных соединений. Измерению подвергается металл швов сварных соединений, выполненных из легированных теплоустойчивых сталей мартенситно-ферритного и перлитного классов.

Измерение твердости для объектов химической промышленности имеет также очень большое значение. В частности, достаточно часто используется определение твердости несущих элементов химико-технологического оборудования. Проведение таких измерений – это, по сути, косвенная оценка прочностных свойств металлов. Поскольку измерение прочности представляет собой достаточно трудозатратный и сравнительно медленный метод, по сравнению измерением твердости, то проведение последнего позволяет выделить определенное оборудование или участки на нем, в которых наблюдаются явные отклонения прочностных характеристик. Как правило, область проведения измерений определяется самим экспертом, и измерение каждого участка проводится в количестве не менее трех раз. Экспериментальное значение твердости принимают, как среднее арифметическое значение от результатов измерений. Если в результате измерения появляются аномальные значения твердости, то объемы и области измерения значительно расширяются.

По результатам проведения технического диагностирования формируется заключение, к которому должна быть приложена схема аппарата, на которой обозначены конкретные места и области контроля твердости. Чаще всего измерение твердости проводят на участках, которые были подготовлены для проведения толщинометрии [4]. Измерение твердости проводится на каждом из элементов оборудования (крышки, днища, обечайки и т.п.).

Измерение твердости является важным инструментом, которое должно проводиться в обязательном порядке, в случае, если есть подозрения, что модернизация или проведенные ремонтные работы технических устройств были проведены с нарушениями. Аналогично, вышесказанному, часто возникают сомнения в соответствии основного металла, из которого изготовлены элементы технических устройств, зданий и сооружений, требованиям конструкторской документации. В таком случае измерение твердости позволяет идентифицировать металл на основании справочных данных.

Измерение твердости должно проводиться обязательно в случае возникновения аварийных или нештат-

ных ситуаций, а также воздействию тепловых и механических нагрузок, существенно превышающих допустимые. Как правило, такие конструктивные элементы будут иметь значительно отличающуюся твердость. Такие измерения позволяют достаточно быстро идентифицировать поврежденные узлы, элементы, участки, что также впоследствии используется для прогнозирования остаточного ресурса.

В большинстве своем, измерения твердости являются дополняющими к металлографическим исследованиям, поскольку они используются для оценки фактических характеристик металла. Как правило, металлографический контроль металла несущих конструкций является обязательным, в случае если твердость не соответствует нормативному значению. Конечно же, несоответствие материала по твердости также по цепочке требует проведения не только металлографии, но и определения химического состава металла и других испытаний.

Раньше измерения твердости проводились на статически установленных массивных твердомерах, что делало практически невозможным проведение измерений на месте установки объектов диагностирования. Сегодня, большинство аттестованных лабораторий оснащено пе-

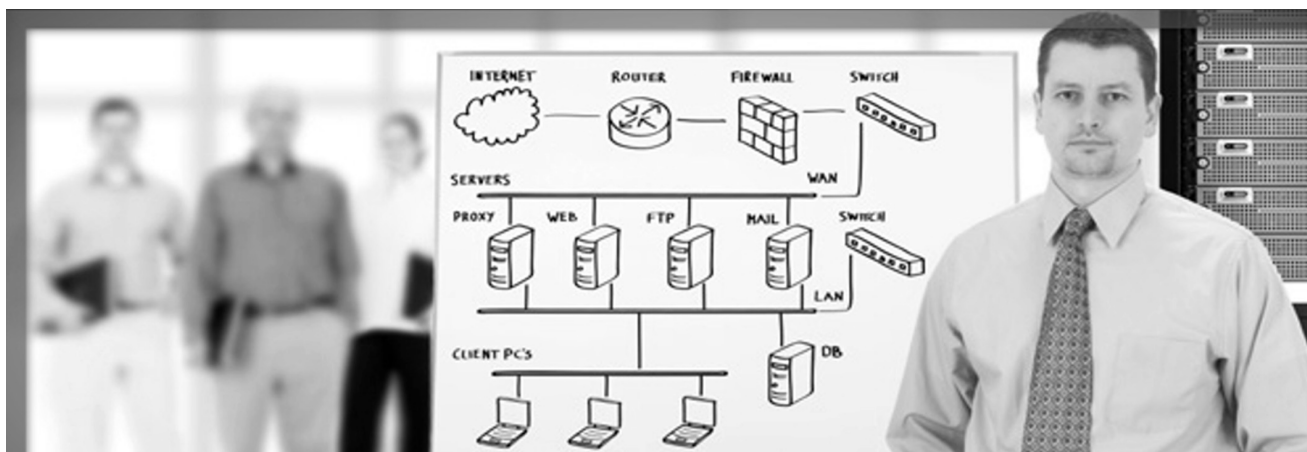
реносными твердомерами, которые подходят для проведения измерений на слабоискривленных поверхностях. В большинстве своем, современные портативные твердомеры дают возможность проводить измерение твердости при температурах до  $-20^{\circ}\text{C}$ , что является существенным преимуществом в зимний период для объектов, расположенных на открытых площадках.

Таким образом, твердость металла является одним из основных показателей, которые косвенно указывает на его механические свойства. Стоит отметить, что существует значительный недостаток в нормативном регулировании измерения данного показателя. В частности, измерение твердости широко регламентируется в Федеральных нормах и правилах [3], в то время как для ряда других объектов это отсутствует. Требуется более полная законодательная проработка требований к проведению контроля на основании измерения твердости, в таком случае будут достигнуты значительно лучшие результаты, как в диагностировании, так и в экспертизе промышленной безопасности. Разработка новых, современных методов определения состояния металла, куда входит и измерение твердости, для технических устройств, зданий и сооружений, в будущем позволит повысить промышленную безопасность опасных производственных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. Материаловедение/Учебно-методическое пособие. Модуль 2/под ред. В.Г. Шарифудинова; Казань .гос. технол. ун-т. Казань, 2006. – 72 с.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением".
4. Лукьяница, А.И. Диагностирование технического состояния и определение остаточного ресурса технологического оборудования химических производств. Учебное пособие /А.И. Лукьяница, А.М. Козлов, Г.А. Афанасьева. – ГОУ ВПО "РХТУ им. Д.И. Менделеева", Новомосковский институт (филиал); Новомосковск, 2010. – 52 с.

© В.В. Ковалев, М.В. Сячин, А.А. Анисимов, Е.А. Могилевцев, А.Ю. Шилеева, ( eamogilevtcev@gm.stalmail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



# МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСТЕКШИМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

## MONITORING OF THE TECHNICAL STATE OF INDUSTRIAL BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS OF EXPIRED OPERATION

*S. Kulchitsky  
D. Tretiak  
M. Galiev  
A. Danilov  
E. Grachev*

### Annotation

Monitoring of buildings and structures of hazardous production facilities is a very important task to ensure industrial safety. The operation of buildings and structures on hazardous production facilities will inevitably occur wear as close to the ultimate normative operation. Monitoring of the technical state of industrial buildings and structures implemented as a system of control and surveillance of the change in the state of load-bearing structures, and also to identify the need for inspection of the technical state. In this paper, the basic aspects of condition monitoring of industrial buildings and constructions of expired operation were treated. The main regulations governing the monitoring of buildings and structures were presented. It is worth noting that despite a lot of regulatory framework in this area there are practically no regulations governing the monitoring of buildings and structures of hazardous production facilities with expired operation.

**Keywords:** monitoring, buildings and constructions, industrial safety.

*Кульчицкий Станислав Владимирович  
Третьяк Дмитрий Викторович  
Галиев Марат Гаптуллович  
Данилов Александр Геннадьевич  
Грачев Эдуард Александрович  
Эксперты Единой системы  
оценки соответствия  
в угольной промышленности*

### Аннотация

Мониторинг состояния зданий и сооружений опасных производственных объектов является очень важной задачей по обеспечению промышленной безопасности. В ходе эксплуатации зданий и сооружений на опасных производственных объектах неотвратимо происходит их износ с максимальным приближением к предельному нормативному сроку эксплуатации. Мониторинг технического состояния промышленных зданий и сооружений реализуется в качестве системы контроля и наблюдения за изменением состояния несущих конструкций и также выявления необходимости обследования технического состояния. В данной работе рассмотрены основные аспекты проведения мониторинга технического состояния промышленных зданий и сооружений с истекшим сроком эксплуатации. Приведены данные основных нормативных документов, регламентирующих мониторинг зданий и сооружений. Стоит отметить, что несмотря на обширное количество нормативной базы, в данном направлении практически отсутствуют нормативные документы, регламентирующие проведение мониторинга зданий и сооружений опасных производственных объектов с истекшим сроком эксплуатации.

### Ключевые слова:

Мониторинг, здания и сооружения, промышленная безопасности.

**К**онтроль состояния зданий и сооружений опасных производственных объектов является очень важной задачей по обеспечению промышленной безопасности. В общем виде, промышленная безопасность опасных производственных объектов регламентируется 116-ФЗ [1], однако данный закон носит лишь общий характер и регламент контроля технического состояния зданий и сооружений опасных производственных объектов регулируется другими специальными документами.

В ходе эксплуатации зданий и сооружений на опасных производственных объектах неотвратимо происходит их износ с максимальным приближением к предельному нормативному сроку эксплуатации. Согласно законода-

тельству дальнейшая эксплуатация зданий и сооружений по достижении установленного срока эксплуатации не может производиться. Именно поэтому экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений с истекшим сроком службы является основным инструментом, с помощью которого можно вновь ввести их в эксплуатацию, конечно же при условии их безопасной дальнейшей эксплуатации.

Экспертиза промышленной безопасности проводится специальной экспертной организацией и результатом такой экспертизы является заключение экспертизы промышленной безопасности в заключительной части которого дается детальное обоснование того, возможна ли их дальнейшая безопасная эксплуатация. Помимо этого, в

заключительной части указываются рекомендации по проведению корректирующих мероприятий или мониторинга в течении определенного времени эксплуатации сооружений и конструкций. Поскольку большинство промышленных зданий и сооружений с истекшим сроком эксплуатации находятся под воздействием множества деструктивных процессов, связанных с износом материалов, действием коррозионных процессов в арматуре и других, то нельзя пренебречь ролью мониторинга в обеспечении их безопасной эксплуатации. Именно мониторинг играет ключевую роль в возможности избежать значительное число аварий, связанных с эксплуатацией таких зданий и сооружений [1,2].

Мониторинг технического состояния промышленных зданий и сооружений реализуется в качестве системы контроля и наблюдения за изменением состояния несущих конструкций и также выявления необходимости обследования технического состояния. Такой мониторинг реализуется на основании инструментальных измерений, в большинстве своем при использовании неразрушающего контроля. Согласно [3] мониторинг проводится специализированными организациями, которые обладают соответствующей приборной базой и коллективом квалифицированных специалистов.

Мониторинг включает в себя ряд мероприятий, контролирующих процессы, протекающие в грунте и конструкциях зданий и сооружений, для обнаружения тенденций в изменении напряженно-деформированного состояния оснований и конструкций. Как правило, его проведение реализуется путем установки специальной автоматизированной системы мониторинга технического состояния, которая осуществляет сбор и обработку данных об изменении состояния конструкций. К такой системе применяется ряд требований:

- ◆ Проведение комплексной обработки результатов измерений;
- ◆ Проведение анализа параметров строительных конструкций (деформационные, динамические, геодезические и другие);
- ◆ Предоставление достаточного объема информации для выявления негативных изменений напряженно-деформированного состояния конструкций, что может привести к изменению состояния здания и сооружения

на аварийное или ограниченно работоспособное.

Главным образом, в мониторинг входит определение следующих характеристик:

- ◆ Динамические характеристики зданий и сооружений;
- ◆ Относительные и абсолютные деформации в строительных конструкциях;
- ◆ Отклонения от соосности и плоскостности конструкций;
- ◆ Деформационная динамика строительных конструкций и мониторинг кренов.

В случае если были выявлены места, в которых наблюдалось значительное изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, то в таком случае проводят их обследование по результатам которого делаются выводы о причинах такого изменения и мерах по усилению и восстановлению конструкций. Результатом мониторинга является заключение, которое разрабатывается автоматизированной системой мониторинга технического состояния строительных конструкций и оснований. В качестве недостатка стоит отметить, что документы, устанавливающие детальные требования к автоматизированной системе мониторинга зданий и сооружений практически полностью отсутствуют, что негативно сказывается на безопасной эксплуатации таких объектов. В случаях, если на здания и сооружения производились воздействия техногенного и аварийного характера, то проводится мониторинг общей безопасности таких зданий и сооружений с проведением комплексной оценки рисков [3].

Стоит отметить, что несмотря на обширное количество нормативной базы, в данном направлении практически отсутствуют нормативные документы, регламентирующие проведение мониторинга зданий и сооружений опасных производственных объектов с истекшим сроком эксплуатации. Большинство документов перекликается между собой и включают ГОСТ, СПиН и РД [2–4], однако, разработка именно гармонизированного правового обеспечения в этой области является безусловно очень важной и актуальной задачей, которая позволит значительно улучшить сам мониторинг и повысить уровень безопасности при эксплуатации промышленных зданий и сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. РД 06-565-03 Методические указания о порядке продления срока службы технических устройств, зданий и сооружений с истекшим нормативным сроком эксплуатации в горнорудной промышленности.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. РД 22-01-97 Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями).

# ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (сосудов и аппаратов) ХИМИЧЕСКОЙ, НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

FEATURES OF EXAMINATION  
OF INDUSTRIAL SAFETY  
OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT  
(vessels and equipment) CHEMICAL,  
PETROCHEMICAL AND REFINING  
INDUSTRIES

*A. Oreshkin  
D. Shlychkov  
A. Yushkov*

#### Annotation

The analysis of the main aspects of the examination of industrial safety and emerging defects in the operation of process equipment (vessels and equipment) chemical, petrochemical and refining industries.

**Keywords:** technical diagnostics, industrial safety, industrial safety, petrochemical, oil refining.

*Орешкин Александр Юрьевич*

*Технический директор*

*Шлячков Денис Алексеевич*

*Нач. лаборатории НКИТД*

*Юшков Александр Борисович*

*Вед. Специалист,*

*ООО "Промтехмониторинг", г.Волгоград*

#### Аннотация

Проведен анализ основных аспекты проведения экспертизы промышленной безопасности и возникающим дефектам в процессе эксплуатации технологического оборудования (сосудов и аппаратов) химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

#### Ключевые слова:

Техническое диагностирование, промышленная безопасность, экспертиза промышленной безопасности, нефтехимия, нефтепереработка.

На территории России насчитывается около 100 тыс. потенциально опасных производственных объектов. По данным Межгосударственного совета по промышленной безопасности, на объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности в РФ в 2014 г. произошло 20 аварий со смертью 59 человек. Общий ущерб от таких аварий в данной отрасли составил 6833250 тыс. долл. США [1]. Высокая смертность обусловлена такими причинами, как концентрация химических энергоносителей, нефти, нефтепродуктов, способность их гореть, взрываться и загрязнять вредными выбросами в атмосферу.

Проблема осложняется тем, что большая часть объектов ответственного назначения (сосуды, технологические трубопроводы, резервуары, котельное и печное оборудование) выработала плановой ресурс на 50–70 %. Так 25% общей протяженности нефтепроводов эксплуатируется свыше 30 лет, 33% – от 20 до 30 лет. Около 60% котельного оборудования тепловых электростанций отработало нормативные сроки. Продолжают эксплуатироваться котлы, прослужившие более 50 лет. На предпри-

ятиях различных отраслей промышленности находится более 4 тыс. котлов устаревших конструкций или отработавших установленный срок службы.

Дальнейшая эксплуатация оборудования возможна на основании обследования технического состояния, установления работоспособности, остаточного ресурса безопасной эксплуатации, проведением анализа экономической эффективности, с дальнейшей модернизацией и перевооружением опасных производственных объектов. В сложившейся ситуации объективная информация о техническом состоянии опасных производственных объектов является необходимым условием для принятия решения о возможности их дальнейшей эксплуатации.

В качестве первоначальной оценки технического состояния опасных производств используют метод, основанный на принципе использования параметров предельного состояния, обеспечивающих надежную работу и безопасную эксплуатацию согласно нормативно-технической документации. При этом определяющими параметрами выступают факторы, изменение которых может

привести объект в неработоспособное или предельное состояние. В области промышленной безопасности, критерием качества является степень опасности, таким образом, качество металла и изготовленного из него изделия может быть повышено при полном исключении наиболее опасных дефектов (трещин, раковин, расслоений и др.) и снижении до некоторого минимума других дефектов, представляющих меньшую опасность в конкретных условиях эксплуатации данного изделия. В современной практике в качестве базовой концепции оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования принят подход основанный на принципе "безопасной эксплуатации по техническому состоянию", согласно которому оценка технического состояния рассматриваемого оборудования осуществляется по параметрам технического состояния (ПТС), обеспечивающим его надежную и безопасную эксплуатацию, а остаточный ресурс по определяющим параметрам технического состояния. В качестве определяющих параметров технического состояния принимаются параметры, изменение которых (в отдельности или совокупности) может привести оборудование в неработоспособное состояние.

Основными видами повреждения технологического оборудования (сосудов и аппаратов) химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, в большинстве случаев, являются: коррозия (общая поверхностная, водородная, сероводородная, межкристаллитная), коррозионное растрескивание, циклический режим нагружения, ползучесть металла, изменение химического состава металла и механических свойств металла. При этом принято считать, что для оценки текущего состояния достаточно выделить доминирующий механизм повреждения, ответственность за его выбор возлагается на организацию, проводящую экспертизу промышленной безопасности. Как показывает опыт, наиболее часто причинами появления дефектов технологических трубопроводов являются нарушения режима сварочного процесса, вследствие чего происходит образование непроваров, сквозных свищей, подрезов, раковин, подповерхностных дефектов сварных соединений и т.д. Такого типа дефекты являются источником некомпенсированных напряжений в области сварного шва и могут инициировать дальнейшее разрушение металла при значительном снижении прочностных характеристик материала в период эксплуатации. При этом среди дефектов сварных соединений преобладают (65%) подповерхностные дефекты (внутренние трещины, непровары), обнаружение которых возможно только с использованием специализированных методов неразрушающего контроля (ультразвуковой и радиографический контроль). 14% дефектов сварных соединений составляют нарушения геометрии сварных швов: превышение валика усиления, ширины шва и т.д. Такого типа несоответствия создают дополнительные центры концентрации напряжений в

сварном шве, а при совместном появлении с дефектами типа трещин и свищей могут стать источником зарождающихся разрушений в сварном соединении

Требования к содержанию работ по техническому диагностированию технологического оборудования определены в РД ОЗ-421-01 [2]. При этом в программе работ, как правило, содержатся традиционные локальные методы неразрушающего контроля. Методика основана на рассмотрении наиболее нагруженных узлов и элементов, работающих в наиболее неблагоприятных условиях, при этом места контроля носят унифицированный и "стандартизованный" характер.

Однако практика показывает, что в процессе эксплуатации технологического оборудования возможно возникновение местных и локализованных повреждения, а не только общий коррозионный износ оборудования. Причинами таких повреждений являются интенсивные пластические деформации, развивающиеся в зонах перенапряжений из-за технологических дефектов, дефектов монтажа (сварка под напряжением), интенсивных очагов коррозионных повреждений, температурных и других воздействий, приводящих к неоднородным статическим и динамическим нагрузкам. В настоящее время существует несколько методов для выявления мест некомпенсированных напряжений, такие как метод акустической эмиссии (АЭ контроль), метод магнитной памяти металла и др.

В настоящее время сложилась следующая практика проведения экспертизы промышленной безопасности технологического оборудования (сосудов и аппаратов): экспертные организации проводят визуальный контроль поверхности, оценку остаточной толщины, выборочный контроль сварных соединений (ультразвуковой, капиллярный, вихретоковый контроль и т.д.) и расчет остаточного ресурса. Основным механизмом повреждения принято считать коррозионный износ.

Но практика проведения технического диагностирования емкостного и теплообменного сварного оборудования за последние десятилетия показывает, что не всегда достаточно измерив остаточную толщину корпуса сосуда, делать вывод о работоспособности технологического оборудования, кроме этого требуется анализ причинно-следственных зависимостей параметров технического состояния. Избыточные, возникшие в процессе эксплуатации напряжения в сварных соединениях могут являться источниками появления и развития дефектов (трещины, коррозионные повреждения, межкристаллитная и электрохимическая коррозия).

Как свидетельствует статистика, около 80% разрушений технологического оборудования нефтехимичес-



ких объектов приходится сварные соединения технологического оборудования, поэтому такие участки всегда привлекали заслуженное внимание специалистов.

Сварные соединения малоуглеродистых и низколегированных кремнемарганцовистых сталей (СтЗ, Сталь 10, Сталь 20, 15К, 16ГС, 09Г2С и т.д.) не имеют склонности к межкристаллитной коррозии, для которой в этой группе сталей не могут быть созданы необходимые условия. Склонность сварных соединений этой группы сталей к коррозионному растрескиванию под напряжением проявляется как в кислой, так и в щелочной агрессивной среде. Наиболее эффективной мерой предупреждения коррозионного растрескивания под напряжением сварных соединений этих материалов являются методы снижения остаточных сварочных напряжений в процессе термической обработки по режиму высоко отпуска.

Сварные соединения теплоустойчивых хромомолибденовых сталей (12МХ, 15Х5М, Х9М и т.д.) также не могут быть склонны к межкристаллитной коррозии, а для исключения коррозионного растрескивания под напряжением здесь также служит термическая обработка сварных соединений, которая для этой группы сталей необходима еще и поэтому, что обеспечивает повышение стойкости сварного соединения к закалочным трещинам и хрупким разрушениям еще до эксплуатации, например, в процессе гидропрессовки. Таким образом, отсутствие термообработки здесь проявляется уже до вывода нефтехимического оборудования на рабочий режим

Сварные соединения третьей группы сталей (с 13 и

выше процентами хрома без никеля, а также хромоникелевых сталей типа 12Х18Н10Т и других высоколегированных сталей и сплавов на никелевой основе – ХН32, ХН60, ХН70 и т.д.) является идеальной для проявления склонности к МКК и КР под напряжением без соответствующих технологических мероприятий, предупреждающих реализацию этих видов коррозионного разрушения сварных соединений. Причем эти технологические мероприятия связаны не только со специальным видом термической обработки, который здесь рекомендуется – стабилизирующий отжиг при 850–900°С, но в некоторых случаях (для предупреждения КР) количественным содержанием никеля в металле шва.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Сварные соединения оборудования опасных производственных объектов своим составом, строением и свойствами определяют повышенную склонность к различным видам коррозионного разрушения металла и во многих случаях определяют эксплуатационную надежность этого оборудования. Эту особенность эксплуатации сварных соединений необходимо учитывать при выполнении работ по экспертизе промышленной безопасности оборудования опасных производственных объектов.

2. Для повышения эффективности экспертных работ до их выполнения необходима организация и проведение специальных занятий с экспертами, на которых должен быть подробно рассмотрен настоящий материал и на его основе намечена конкретная программа обследования оборудования опасных производственных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [http://www.mspbsng.org/stat\\_accident](http://www.mspbsng.org/stat_accident)
2. РД 03–421–01 Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определения остаточного срока службы сосудов и аппаратов. Утвержден Госгортехнадзором России, 06.09.2001г.

© А.Ю. Орешкин, Д.А. Шлячков, А.Б. Юшков, ( oreshkin.alexandr@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



"Ни о чем не думает лишь тот,  
кто ничего не читает."  
Д.Дидро

# ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОРРОЗИОННЫХ РАЗРУШЕНИЙ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

MAIN TYPES CORROSION  
DESTRUCTION WELDS EQUIPMENT  
PETROCHEMICAL AND OIL REFINERY

A. Starodubcev  
S. Archakov  
D. Kuranov

Annotation

This article describes the main types of corrosion damage of welded joints of technical devices in chemical, petrochemical and refining industries. Analysis of corrosion damage in the course of the technical examination and diagnosis will develop solutions that reduce the propensity to corrosion cracking of welded joints or monitor equipment status to prevent accidental release of his failure.

**Keywords:** industrial safety examination, diagnosis, Corrie-Zia, weld joint, operation, petrochemicals, Refining.

Стародубцев Алексей Егорович

Ген. директор

ООО "ЦДКНХО", г. Москва

Арчаков Сергей Викторович

Директор, ООО "Универсал-ТС", г. Москва

Куранов Дмитрий Владимирович

Эксперт,

ООО "Универсал-ТС", г. Москва

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные виды коррозионных разрушений сварных соединений технических устройств на объектах химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Анализ коррозионных разрушений в процессе проведения технического освидетельствования и диагностирования позволит разработать решения, уменьшающие склонность к коррозионному разрушению сварных соединений или проводить мониторинг состояния оборудования для предупреждения аварийного выхода его из строя.

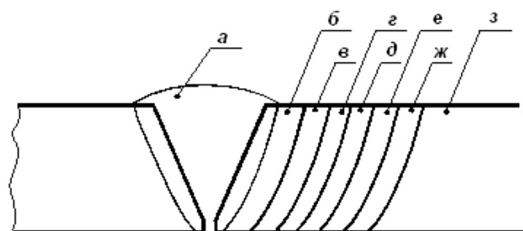
Ключевые слова:

Экспертиза промышленной безопасности, диагностика, коррозия, сварное соединение, эксплуатация, нефтехимия, нефтепереработка.

Как свидетельствует статистика, около 80% разрушений нефтехимического оборудования приходится на его участки с технологическим переделом металла, и прежде всего, сварные соединения, поэтому такие участки всегда привлекали заслуженное внимание специалистов.

Чтобы понять разницу между общетехническим термином "сварные швы" и специальным термином "сварные соединения", необходимо рассмотреть строение сварного соединения, что позволит более строго рассмотреть разновидности его коррозионного разрушения и влияние различных факторов на его проявления, а также в процессе проведения технического освидетельствования и диагностирования рассмотреть решения, уменьшающие склонность сварных соединений к коррозионному разрушению.

В общем виде сварное соединение представляет собой неразъемное соединение двух частей металла и состоит из следующих участков (рис.1):



- а - металл шва;
- б - зона сплавления;
- в - зона оплавления основного металла;
- г - зона нагрева выше  $AC_1$  (температуры рекристаллизации);
- д - зона нагрева между  $AC_1$  и  $AC_2$ ;
- е - зона нагрева ниже  $AC_2$ ;
- ж - зона нагрева ниже температуры изменения физико-механических свойств основного металла;
- з - зона основного металла, не подвергаемая существенному нагреву при сварке.

Рис.1

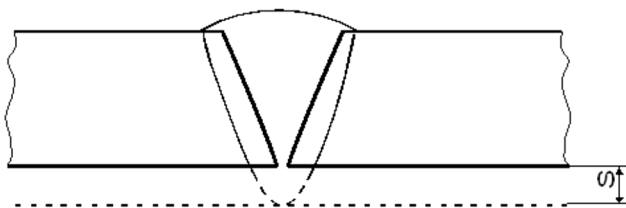
а) собственно металл шва, представляющий собой сплав металла практически одного состава в пределах каждого наплавленного валика;

- б) зону сплавления, в которой непрерывно меняется состав от металла шва к основному металлу;
- в) оплавленные зерна основного металла;
- г) участки перегрева основного металла выше температуры АС1;
- д) участки нагрева основного металла между температурами АС1 и АС3;
- е) участки нагрева основного металла ниже температуры АС3 вплоть до температуры изменения его физико-механических свойств;
- ж) участки нагрева основного металла ниже температуры изменения его физико-механических свойств;
- з) основной металл, не подвергаемый нагреву при сварке.

Участки сварного соединения в, г, д, е, ж представляют собой околошовную зону сварных соединений.

Существует большое количество видов коррозионного разрушения сварных соединений. Основные из этих разрушений, наиболее часто встречаемые на практике эксплуатации нефтехимического оборудования, следующие:

1. Общее утонение стенки корпуса аппарата или трубопровода со стороны агрессивной рабочей среды (рис.2);



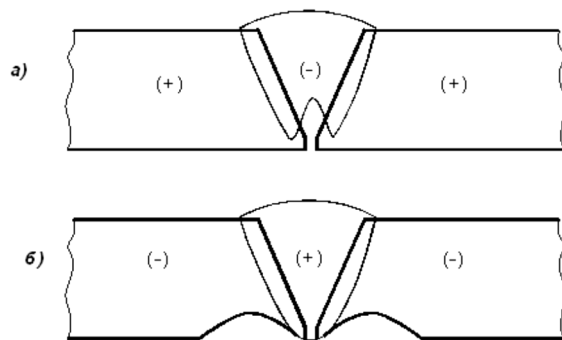
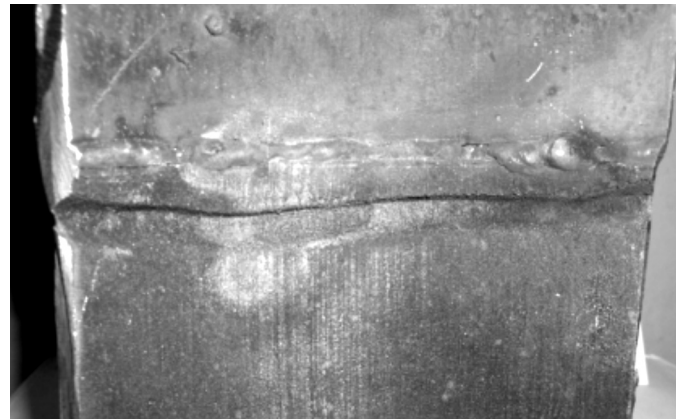
S - величина общего коррозионного утонения стенки;

Рис.2

2. Электрохимическое растворение металла шва или околошовной зоны, имеющей электроотрицательный потенциал по сравнению с другими участками сварного соединения (рис.3);

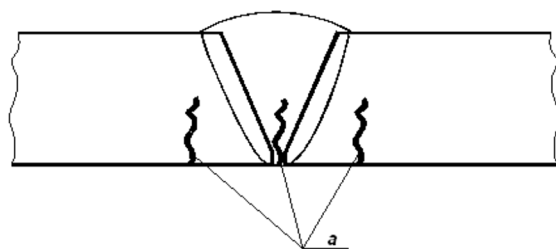
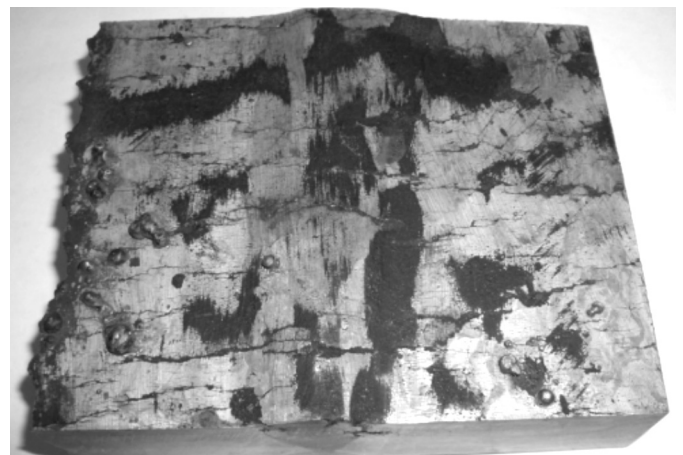
3. Коррозионное растрескивание (КР) под напряжением металла шва и околошовной зоны (рис.4);

4. Межкристаллитная коррозия (МКК) металла шва и (или) околошовной зоны (рис.5), приводящая к выкрашиванию зерен металла после коррозионного поражения их приграничных участков.



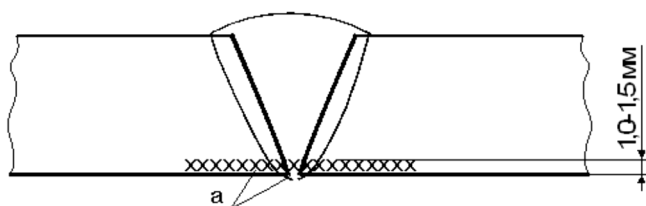
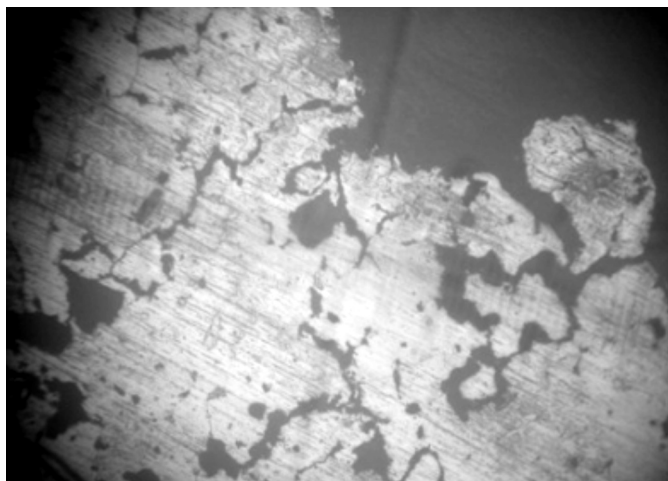
а - электрохимический потенциал металла шва ниже потенциала околошовной зоны;  
б - электрохимический потенциал металла околошовной зоны ниже потенциала металла шва.

Рис.3



а - характерные трещины при коррозии под напряжением.

Рис.4



a - характерный вид межкристаллитной коррозии.

Рис.5

Как известно, эксплуатация металла и особенно сварных соединений при высокой температуре (до 900°C) и в агрессивной среде даже в пределах нормативного срока эксплуатации 10–20 лет приводит к различным эксплуатационным изменениям, снижающим надёжность нефтехимического оборудования и обуславливающим необходимость его замены. Здесь и наводороживание основного металла и различных участков сварного соединения, и диффузионные процессы в разнородных сварных соединениях, и намагничивание, и

азотирование, и науглероживание, и изменение тонкой структуры различных участков сварного соединения, причём эти структурные изменения могут быть как обратимыми, восстанавливаемыми соответствующей термической обработкой, так и необратимыми. Кроме того, в условиях длительного механического нагружения при повышенных температурах появляется высокотемпературная ползучесть основного металла и различных участков сварного соединения, которая определяет допустимый срок службы металла и сварных соединений.

Наиболее опасными видами коррозионного разрушения сварных соединений, по нашему мнению, которые труднее выявляются и поэтому могут приводить к неожиданным, иногда аварийным разрушениям сварных конструкций, являются коррозионное растрескивание под напряжением и межкристаллитная коррозия.

Продление срока эксплуатации сверх установленных пределов, т.е. запредельная работа металла и сварных соединений только увеличивает все перечисленные эксплуатационные изменения.

**ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:**

Коррозионное воздействие среды на сварные соединения оборудования совместно с эксплуатационными изменениями приводит к ускоренному выходу оборудования из строя, поэтому при проведении технического освидетельствования и диагностирования выявление коррозионных повреждений является первостепенным. Необходимо понять их причину зарождения и разрабатывать мероприятия по снижению его воздействия или проводить мониторинг состояния оборудования для предупреждения аварийного выхода его из строя.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Медведева М.Л.– Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа. М.: Нефть и газ, 2005.
2. Михайловский, Ю. Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты/ Ю. Н. Михайловский. – М.: Металлургия, 1989. – 101.
3. Структура и коррозия металлов и сплавов: атлас: справочник/ под ред. Е. А. Ульянина. – М.: Металлургия, 1989
4. Арчаков Ю.И. Водородная коррозия стали. М., Металлургия, 1985

© А.Е. Стародубцев, С.В. Арчаков, Д.В. Куранов, ( staralex7706@gmail.com ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ, УКАЗАННЫХ В ЗАКЛЮЧЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ - ОБЯЗАННОСТЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ENFORCEMENT ACTIVITIES DESCRIBED IN THE CONCLUSION OF EXAMINATION OF INDUSTRIAL SAFETY - THE DUTY OF THE HEAD OF THE OPERATING ORGANIZATION

*M. Sharantilov  
E. Mogilevtsev  
A. Shileyeva  
N. Musina  
A. Zyuhin*

#### Annotation

The features of industry in Russia are a large number of hazardous production facilities, so ensuring industrial safety is a very urgent task. One of the key measures to ensure industrial safety of dangerous industrial objects is the examination of industrial safety. In this paper the process of examination of industrial safety were carried out. The main aspects of the implementation of measures that are specified in the conclusion of examination of industrial safety were analyzed. In summary, it is worth noting that currently existing regulatory and technical basis of absolutely no legal concept of responsibility of the Head of the organization operating hazardous production facilities for the elimination of remarks of examination of industrial safety.

**Keywords:** industrial safety, examination, measures.

*Шарантилов М.А.  
Могилевцев Е.А.*

*Эксперты в области  
промышленной безопасности  
ООО "ГорМаш-Юл"*

*Шилеева А.Ю.*

*Мусина Н.В.*

*Зюхин А.Н.*

*Эксперты в области  
промышленной безопасности  
ООО "Центр Технической Диагностики"*

#### Аннотация

Промышленность России отличается большим количеством опасных производственных объектов, поэтому обеспечение промышленной безопасности является очень актуальной задачей. Одним из основных мероприятий по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов является экспертиза промышленной безопасности. В данной работе проведен анализ процесса экспертизы промышленной безопасности. Проанализированы основные аспекты выполнения мероприятий, которые указываются в заключении экспертизы промышленной безопасности. Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что в существующей сегодня нормативно-технической базе совершенно отсутствует законодательное понятие ответственности руководителя организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, за устранение замечаний экспертизы промышленной безопасности.

#### Ключевые слова:

Промышленная безопасность, экспертиза, мероприятия.

Промышленность России отличается большим количеством опасных производственных объектов, поэтому обеспечение промышленной безопасности является очень актуальной задачей.

Одним из основных мероприятий по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов является экспертиза промышленной безопасности.

Экспертиза промышленной безопасности проводится специализированной организацией, имеющей лицензию на право осуществления такой деятельности, за счет средств заказчика (эксплуатирующей организации).

*Согласно ФЗ-116 [1] экспертизе промышленной безопасности подлежат:*

- ◆ Технические устройства, которые используются на опасных производственных объектах;
- ◆ Проектная документация на расширение, строительство, реконструкцию, консервацию, техническое перевооружение и ликвидацию опасных производственных объектов;
- ◆ Декларации промышленной безопасности, а также другие документы, регламентирующие требования к промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- ◆ Здания и сооружения, которые находятся на опасных производственных объектах.

Основным результатом проведенной экспертизы промышленной безопасности является заключение. В заключении отражается комплекс мероприятий, которые необходимо выполнить для обеспечения безопасности объекта экспертизы, и только после выполнения которых он может эксплуатироваться безопасно. Однако существуют некоторые проблемы, возникающие при устранении таких замечаний, о которых мы поговорим ниже.

Согласно [2, 3] проведение экспертизы может выявить множество случаев нарушений, дефектов и несоответствий, но они могут иметь различные пути решения:

- ◆ **Первый случай** – существуют такие нарушения, дефекты и несоответствия, которые препятствуют выдаче положительного заключения экспертизы, но в то же время, они не требуют вывода объекта экспертизы из эксплуатации. В этом случае экспертная организация рекомендует спектр мероприятий, направленных на приведение объекта в надлежащее состояние, и положительное экспертное заключение может быть выдано после выполнения мероприятий по устранению таких замечаний.

- ◆ **Второй случай** – могут быть выявлены такие нарушения, дефекты и несоответствия, которые говорят о невозможности эксплуатации объекта экспертизы, поскольку ему потребуется ремонт и необходимо обязательное выведение его из технологического цикла с приостановкой эксплуатации. После устранения замечаний, эксплуатирующая организация обязана уведомить экспертную организацию об их устранении и только после проведения проверки оформляется положительное или отрицательное заключение экспертизы промышленной безопасности, о чем информируется территориальный орган Ростехнадзора.

Ответственность за выполнения требований экспертизы промышленной безопасности лежит на руководителе организации, которая эксплуатирует опасный производственный объект. Нельзя недооценивать роль руководителя организации, поскольку в соответствии с настоящим законодательством, роль проведения контроля в отношении некоторых опасных производственных объектов несколько упрощена, о чем поговорим ниже.

Согласно классам опасности, опасные производственные объекты можно разделить на 4 класса – с I по IV [1, 4].

Если рассмотреть процентные соотношения, то количество каждых из них будет следующим:

- ◆ I класс – 0,5 %;
- ◆ II класс – 10,8 %;
- ◆ III класс – 42,2 %;
- ◆ IV класс – 46,5 %.

Как видно, именно IV класс опасных производственных объектов (низкая опасность) представляет большую долю в процентном соотношении. Однако для этого класса опасности не регламентируется проведение плановых проверок, а ведь именно этот инструмент вводится для проверки того, насколько эксплуатирующая организация выполняет требования промышленной безопасности.

Основанием для внеплановых проверок могут служить:

- ◆ Поступление заявлений и обращений граждан в органы власти о фактах нарушения требования безопасности;
- ◆ Истечение сроков, в течение которого действует предписание об устранении нарушений;
- ◆ Приказ надзорного органа о проведении внеплановой проверки, который издан по поручению Правительства или Президента РФ или в соответствии с требованиями прокурора о проведении внеплановой проверки.

Из вышесказанного видно, что у данного класса достаточно мало шансов для того, чтобы была проведена внеплановая проверка, хотя именно эта проверка имеет большое значение для локализации и устранения тех недостатков и замечаний, которые были выявлены при проведении экспертизы промышленной безопасности. Нельзя не заметить этот существенный законодательный недостаток, который фактически непосредственно влияет на промышленную безопасность такого класса объектов.

Существуют и некоторые фундаментальные недоработки в основном законодательстве в области промышленной безопасности. В ФЗ–116 [1], как основном акте, регламентирующем деятельность в области осуществления промышленной безопасности, в разделе, посвященном экспертизе промышленной безопасности, достаточно полно отражены обязанности руководителя экспертной организации и экспертов, однако ничего не сказано о том, каким образом будут устранены замечания, возникшие при проведении экспертизы промышленной безопасности.

Именно в устранении вышеуказанных замечаний состоит обязанность руководителя эксплуатирующей организации, который должен в определенный срок это сделать. Однако в законодательство не введены ни сроки, ни порядок устранения замечаний экспертизы промышленной безопасности. Учитывая также тот факт, что руководитель эксплуатирующей организации является лицом, заинтересованным в том, чтобы замечаний было меньше, а также учитывая большое количество недобросовестных экспертных организаций на рынке экспертизы промышленной безопасности, чистота выполнения требований экспертных организаций видится достаточно

сомнительной. Также принимая во внимание то, что нельзя в полной мере говорить о моральной ответственности руководителей эксплуатирующих организаций, которые в любом случае будут стараться обойти процесс устранения замечаний, необходимость решения такой проблемы можно найти только в законодательном русле.

*Для устранения вышеописанных проблем можно предложить следующие решения проблем:*

- ◆ Введение ответственности руководителя эксплуатирующей организации за устранение замечаний при экспертизе промышленной безопасности;
- ◆ Введение стороннего контроля со стороны независимых организаций, за выполнением хода устранения замечаний. Предполагаются, что такие организации будут созданы на базе профессиональных объединений экспертных организаций и будут проверять как качество проведения экспертизы промышленной безопасности, так и полноту устранения замечаний экспертизы промышленной безопасности;
- ◆ Ужесточение контроля и проведение более тща-

тельных проверок работы эксплуатирующих организаций и проверок соблюдения требований промышленной безопасности.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что в существующей сегодня нормативно-технической базе совершенно отсутствует законодательное понятие ответственности руководителя организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, за устранение замечаний экспертизы промышленной безопасности. Разработка новой актуальной нормативной базы является одной из основных задач, которая требует незамедлительного решения, поскольку это непосредственно отражается на обеспечении промышленной безопасности опасных производственных объектов. Стоит также отметить, что существует большая необходимость в ужесточении требований к проведению периодических проверок выполнения требований промышленной безопасности. Желательным бы было также введение внеплановых проверок для осуществления контроля выполнения требований, указанных в заключении промышленной безопасности, в том числе, проведение проверок профессиональными объединениями экспертных организаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 октября 2012 г. № 584 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности".
3. Постановление Правительства РФ от 10 марта 1999 г. N 263 "Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте".
4. Электронный ресурс. Режим доступа [<http://www.oaontc.ru/media/filebrowser/prezentacii/21.pdf>]

© М.А. Шарантилов, Е.А. Могилевцев, А.Ю. Шилеева, Н.В. Мусина, А.Н. Зюхин, ( [eamogilevtcev@gm.stalmail.ru](mailto:eamogilevtcev@gm.stalmail.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Проведение экспертизы промышленной безопасности – одно из требований Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Экспертиза промышленной безопасности проводится организациями, имеющими лицензию на ее проведение, за счет средств организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.



# ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕКАПИТАЦИИ РАСТЕНИЙ КАПУСТЫ БРЮССЕЛЬСКОЙ В УСЛОВИЯХ КРЫМА

## EXPEDIENCE OF DECAPITATION PLANTS OF BRUSSELS SPROUTS PLANTS IN THE CRIMEA

*A. Sokolov*

### Annotation

The article provides three-year data on the effect of the timing decapitation plant Brussels sprouts on the yield of the commodity on the example of hybrids of medium and late ripening period conditions in the Crimea. The analysis of the data yields at various ways of harvesting.

**Keywords:** Brussels sprouts, terms of decapitation, hybrids, marketability.

*Соколов Артем Сергеевич*  
Аспирант, Академия биоресурсов  
и природопользования,  
г. Симферополь

### Аннотация

В статье приводятся трехлетние данные по изучению влияния сроков декапитации растений капусты брюссельской на урожайность товарной части на примере гибридов среднепозднего и позднего сроков созревания в условиях Крыма. Приведен анализ данных урожайности при различных способах уборки урожая.

### Ключевые слова:

Капуста брюссельская, сроки декапитации, гибриды, товарность.

Особенностью возделывания капусты брюссельской является удаление верхушечной почки путем прищипки или срезанием верхней части стебля. Вследствие этого приостанавливается вегетативный рост и ускоряется созревание кочанчиков [4].

В литературных источниках содержатся противоречивые сведения о необходимости проведения декапитации и оптимальных сроках выполнения этого приема на капусте брюссельской.

В условиях Крыма этот вопрос ранее не изучался, отсутствуют рекомендации по применению этого приема в данной климатической зоне.

Так Рубцов М.И. рекомендует осуществлять этот прием, когда кочанчики начинают уплотняться (обычно за четыре–шесть недель до начала уборки урожая) [6]. Другой автор рекомендует осуществлять декапитацию путем прищипывания верхушечной почки и удалением розеточных листьев, вследствие чего останавливается рост стебля, формируются более крупные кочанчики, повышается их качество и срок уборки наступает быстрее и утверждает что проводить её следует за 20–30 суток до уборки урожая и только на позднеспелых сортах [3]. В данной статье рассматривается целесообразность применения декапитации и оптимальные сроки её проведения, при однофазном и двухфазном способах уборки.

## Материалы и методы

Исследования проводили на опытно-демонстрационном участке кафедры ТПХиППОиС АБиП ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского" в течение 2012–2014 гг. В работе изучены три срока декапитации капусты брюссельской на примере гибридов Франклин F1 и Дьябло F1, при однофазном и двухфазном способах уборки. Контролем является вариант без декапитации растений. Повторность в опыте четырехкратная. Варианты размещались методом рендомизации. Площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup>. Способ выращивания – рассадный. Полив – капельное орошение. Схема посадки 70×70 см. Посев семян на рассаду 25 апреля. Посадка рассады 15 июня. Исследования проводили согласно методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [1] и основам научных исследований в плодородстве, овощеводстве и виноградарстве [5]. Основные результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа по методике Доспехова Б.А. [2].

## Результаты исследований

Проведенные исследования показали, что урожайность гибрида среднепозднего срока созревания Франклин F1 в зависимости от применяемых приемов формировал урожайность на уровне 10,7–15,2 т/га (табл. 1).



Таблица 1.

Урожайность товарных кочанчиков гибрида среднепозднего срока созревания Франклин F<sub>1</sub> в зависимости от срока проведения декапитации и способа уборки, т/га.

Способ уборки (фактор В)	Срок проведения декапитации (фактор С)	Год исследования (фактор А)			Средняя по фактору В	Средняя по фактору С
		2012 г.	2013 г.	2014 г.		
однофазная	Без декапитации (контроль)	14,4	12,2	10,7	12,8	12,4
	1 дек. сентября	14,5	12,5	12,9		13,3
	2 дек. сентября	14,2	12,4	12,3		13,0
	3 дек. сентября	14,1	12,2	11,5		12,6
двухфазная	Без декапитации	15,0	12,5	10,9	13,2	12,8
	1 дек. сентября	15,0	12,7	12,8		13,5
	2 дек. сентября	15,2	12,5	12,4		13,4
	3 дек. сентября	14,8	12,4	11,7		13,0
Среднее по фактору А		14,7	12,4	11,9	-	-
НСР <sub>05</sub> , т/га: А – 2,1; В – 0,8; С – 0,7; АВС – F <sub>факт.</sub> < F <sub>05</sub>						

Таблица 2.

Урожайность товарных кочанчиков позднеспелого гибрида Диабло F<sub>1</sub> в зависимости от срока проведения декапитации и способа уборки, т/га.

Способ уборки (фактор В)	Срок проведения декапитации (фактор С)	Год исследования (фактор А)			Средняя по фактору В	Средняя по фактору С
		2012 г.	2013 г.	2014 г.		
однофазная	Без декапитации (контроль)	11,6	14,5	10,8	12,8	12,3
	3 дек. сентября	11,8	14,4	11,4		12,5
	1 дек. октября	12,7	15,5	12,4		13,5
	2 дек. октября	11,5	15,0	11,9		12,8
двухфазная	Без декапитации	12,1	15,4	11,5	13,4	13,0
	3 дек. сентября	12,3	15,5	11,8		13,2
	1 дек. октября	12,8	16,0	13,5		14,1
	2 дек. октября	12,2	15,3	12,6		13,4
Среднее по фактору А		12,1	15,2	12,0	-	-
НСР <sub>05</sub> , т/га: А – 2,9; В – 0,6; С – 0,5; АВС – 3,6						

Прием декапитации не дал существенной прибавки без одновременного применения двухфазного способа уборки. В годы исследований установили, что оптимальным сроком декапитации сортов среднепозднего срока созревания является первая декада сентября с применением двухфазного способа уборки, урожайность при этом составляет 13,5 т/га. Декапитация гибрида Франклин F1 при однофазной уборке приводит к перерастанию кочанчиков и, как следствие снижению, товарных показателей.

На позднеспелом гибриде Диабло F1 в среднем за годы исследований наибольший урожай, при однофазном способе уборки – 13,5 т/га, был получен при декапитации растений в первую декаду октября (табл. 2).

Максимальный урожай 15,5 т/га при однократной уборке был получен в 2013 году, когда декапитацию про-

водили в первую декаду октября. В этот срок была достигнута максимальная урожайность 16,0 т/га с применением двухфазного способа уборки. При этом установлено, что одновременное применение декапитации в первую декаду октября и двухфазного способа уборки, в среднем за годы исследований, повышает урожайность до 14,1 т/га.

#### ВЫВОДЫ

Применять прием декапитации на гибридах среднепозднего срока созревания целесообразно только при двухфазном способе уборки и проводить её следует в третью декаду сентября. На гибридах позднего срока созревания прием декапитации целесообразно проводить в первую декаду октября.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. / Под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд-е, – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Каратаева Е. С., Советкина В. Е. Овощеводство.– Л.: Колос (Ленинградское отделение), 1975.– 288 с
4. Марков В. П., Хаев М. К. Овощеводство, –М: Госиздат, 1953. – 567 с
5. Моисейченко В.Ф. Основы научных исследований в плодородстве, овощеводстве и виноградарстве / В.Ф. Моисейченко, А.Х. Заверюха, М.Ф. Трифонова. – М.: Колос, 1994. –383 с.
6. Рубцов М.И., Матвеев В.П. Овощеводство. – М.: Колос, 1970. – 456 с.

© А.С. Соколов, ( Artios@yandex.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

**24-27 мая**  
**Уфа-2016**






# Газ. Нефть. Технологии

XXIV международная выставка

Место проведения  
**ВДНХ ЭКСПО**  
ул. Менделеева, 158



#ГАЗНЕФТЬТЕХНОЛОГИИ #БВК  
[www.gntexpo.ru](http://www.gntexpo.ru)



**БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ**

(347) 246 41 77, 246 41 93  
e-mail: gasoil@bvkexpo.ru

## БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КУСТАРНИКОВ В НАСАЖДЕНИЯХ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

### BIOECOLOGICAL EFFECTIVENESS OF BUSHES IN PLANTATIONS GREEN ZONES SETTLEMENTS

A. Tereshkin  
T. Andrushko  
V. Petrov  
A. Semenyutina

#### Annotation

Presents research materials for assessing the level of landscaping and use of shrubs in plantations settlements Saratov and Volgograd regions. A quantitative assessment of the impact on the bushes comfortable environment by improving the microclimate indicators improve sanitary – hygienic conditions and improve the aesthetics of the space. Proposed changes in dynamic models of cover territory landscape when placing them in the bushes. Recommendations on expanding the range of shrubs in the region through greater use of native species.

**Keywords:** bushes, biodiversity, aesthetic evaluation, heat resistance, microclimate area, range.

**Терешкин Александр Валерьевич**

К.с-х.н., зав. каф. "Садово-парковое и ландшафтное строительство", Саратовский аграрный университет им. Н.И. Вавилова"

**Андрушко Татьяна Александровна**

К.с-х.н., асс.каф. "Садово-парковое и ландшафтное строительство", Саратовский аграрный университет им. Н.И. Вавилова"

**Петров Владимир Иванович**

Д.с-х.н., академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград

**Семенютина Александра Викторовна**

Д.с-х.н., Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград

#### Аннотация

Приведены материалы исследований по оценке уровня озеленения и использования кустарников в насаждениях населенных пунктов Саратовской и Волгоградской областей. Дана количественная оценка влияния кустарников на комфортность окружающей среды за счет улучшения микроклиматических показателей, улучшения санитарно-гигиенической обстановки и повышения эстетики пространства. Предложены динамические модели изменения проективного покрытия территории ландшафтов при размещении в них кустарников. Даются рекомендации по расширению ассортимента кустарников в регионе за счет более широкого использования аборигенных видов.

#### Ключевые слова:

Кустарники, биоразнообразие, эстетическая оценка, жаростойкость, микроклимат территории, ассортимент.

#### ВВЕДЕНИЕ

Кустарники являются одним из элементов зеленых насаждений и выполняют важные экологические и эстетические функции. В связи с напряженными экологическими условиями и интенсивной антропогенной нагрузкой в зеленых насаждениях их значение постоянно возрастает. Применение кустарников требует тщательного подбора ассортимента по устойчивости, декоративности и эффективности выполнения санитарно-гигиенических и рекреационных функций [1]. До настоящего времени комплексных исследований по изучению данного вопроса не проводилось. Нет обоснованных сведений по размещению кустарников при формировании необходимых

типов пространственной структуры, а также недостаточно определены возможности использования для этих целей аборигенных видов.

Объекты, фактический материал и методические аспекты

Объектами исследований являлись кустарники видов: жимолость татарская *Lonicera tatarica* L., смородина золотистая *Ribes aureum* Pursh., ракитник Цингера *Cytisus zingeri* (Nenuk.) V. Krecz., спирея городчатая *Spiraea acrenata* L., спирея средняя *Spiraea media* Franz Schmidt, боярышник однопестичный или однокосточковый *Crataegus monogyna* Jacq., девичий виноград пятили-

точковый *Parthenocissusquinquefolia Planch.*, можжевельник казацкий *Juniperussabina L.* в насаждениях населенных пунктов Саратовской и Волгоградской областей (рис. 1).

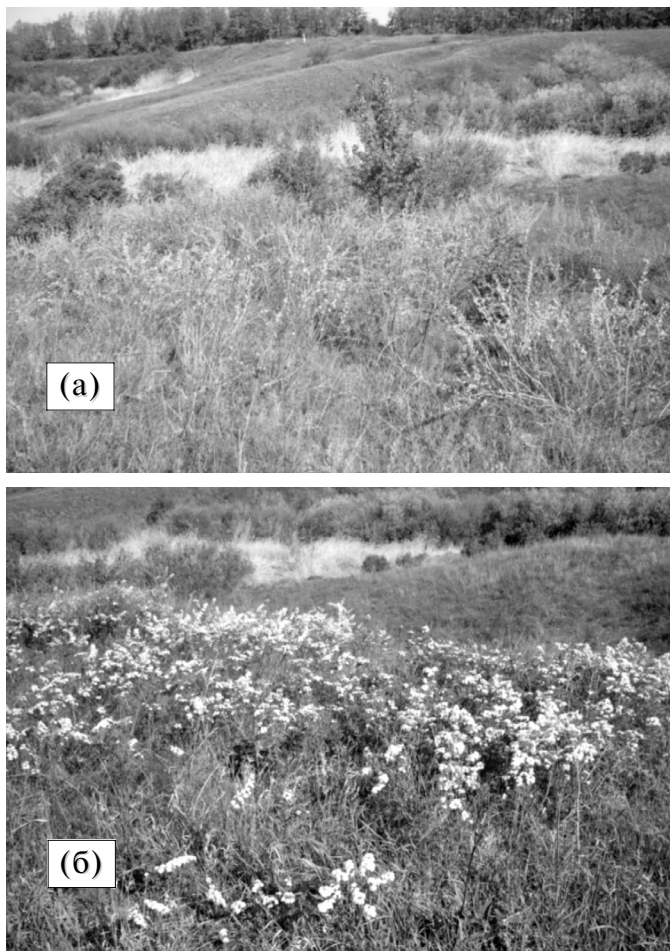


Рисунок 1. - Кустарники, произрастающие в пределахзеленой зоны Саратова, Саратовский район:

- а)Ракитник ЦингераCytisuszingeri(Nenuk.) V. Krecz.;
- б)Спирея городчатаяSpiraeacrenataL.;
- в) СпиреясредняяSpiraeamediaFranzSchmidt

Всего на территории Саратовской и Волгоградской областей заложено 36 пробных площадей для определения жизненного состояния, декоративных качеств и биометрических характеристик, показателей надземной фитомассы кустарников, проведения микроклиматических наблюдений, оценки экологических свойств (жаростойкости, газоустойчивости, газопоглощения, пылеосаждения) в различных частях склонов различной экспозиции. Проведено более 3,5 тыс. различных измерений.

Исследования проводились в 2009–2014 гг. в населенных пунктах Саратовской и Волгоградской областей (рис. 2).

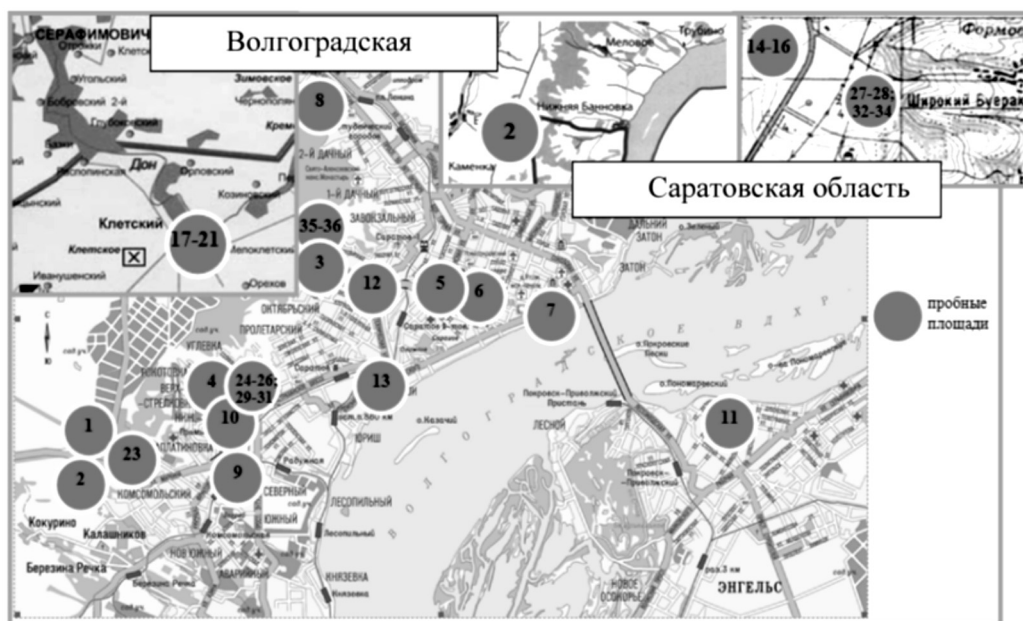


Рисунок 2. ? Местоположение объектов исследований.

Биометрические показатели измеряли по общепринятым методикам. Расчет дополнительных площадей для озеленения вокруг населенных пунктов производился на основе космоснимков в масштабе, приближенном к 1:5000 с использованием программы Google Earth 3D.

Определение показателей надземной фитомассы растений выполняли по модельным растениям. Массу листьев определяли с помощью высечек площадью 0,785 см<sup>2</sup> из 50 листьев в трехкратной повторности.

Площадь листовой поверхности определяли путем соотношения массы высечки с сухой массой листьев. Оценка жизненного состояния, степени жаростойкости и газоустойчивости растений проводилась по общепринятым методикам[2].

Для оценки состояния и проявления декоративных качеств кустарников соответствующая шкала была дополнена критериями: фактура кроны и листьев, их окраски, соцветий, плодов и возможности построения пейзажных картин. Результаты исследований обрабатывались общепринятыми статистическими методами с использованием программ MS Excel, STATISTICA 5.0., 6.0.

### Результаты и обсуждение

Анализ состояния озеленения региона исследования, показал, что площади зеленых насаждений в населенных

пунктах не соответствуют нормативным требованиям СНиПа 2.07.01–89\*. Для увеличения площади озеленения в пределах зеленых зон населенных пунктов региона исследования предлагается использовать территории с расчлененными формами рельефа, не пригодными под застройку с удовлетворительными лесорастительными условиями (Саратов – 1240 га; Волгоград – 2150 га; Камышин – 305 га; Серафимович – 280 га; ст. Клетская – 145 га; Красноармейск – 240 га). Это позволит обеспечить уровень озеленения до 75% – 100% от нормативной потребности.

Инвентаризация насаждений в пределах региона исследований показала, что здесь встречается 44 вида. С уменьшением размеров населенных пунктов наблюдается тенденция к его обеднению.

Эффективность использования кустарников в зеленых насаждениях и их санитарно-защитные свойства в значительной степени зависят от их биометрических показателей [3].

В **таблицах 1–3** представлены основные биометрические показатели исследуемых видов кустарников с учетом их местоположения в структуре земель населенных пунктов. Расхождение биометрических показателей кустарников, произрастающих на склонах полутеневой и теневой экспозиций статистическим анализом по *t*- критерию не подтверждается.

Таблица 1.

Биометрические показатели кустарников в населенных пунктах.

Наименование вида	Длина побегов, см			Кол-во побегов, шт			Диаметр кроны, см		
	min	средн.	max	min	средн.	max	min	средн.	max
<i>Cytisus zingeri</i> (Nenuk.) V. Krecz.	36,60	88,23 ±3,09	131,60	2,00	12,86 ±1,21	35,00	41,00	76,90 ±4,91	200,00
<i>Spiraea acrenata</i> L.	19,50	45,79 ±2,14	81,70	1,00	4,76 ±0,58	3,00	12,00	41,50 ±4,01	160,00
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	7,00	197,26 ±12,44	288,00	2,00	4,43 ±0,36	7,00	80,00	236,13 ±18,74	370,00
<i>Lonicera tatarica</i> L.	9,40	58,29 ±3,14	165,00	1,00	3,00 ±0,20	3,00	15,00	49,19 ±2,67	97,00
<i>Ribes aureum</i> Pursh.	4,00	78,42 ±2,48	139,25	1,00	4,00 ±0,19	8,00	54,00	98,13 ±3,66	145,00
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> Planch. (безопорнапочве)	250,00	370 ±26,58	560,00	2,00	5,00 ±0,84	9,00	80,00	310,00 ±21,70	500,00

Наиболее крупным экземпляром из исследуемого ассортимента является *Crataegusmonogyna Jacq.* (максимальная высота 4,00 м, что не является пределом), который может достигать 6 м. *Spiraeacrenata L.* – достаточно компактное растение (максимальная высота 0,85 м), произрастает по склону оврага густыми плотными куртинами.

Высота *Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.* в среднем составляет 0,975 м ( $\pm 3,82$  см), встречаются экземпляры с максимальной высотой 1,65 м. Максимальное значение высоты жимолости татарской в условиях г. Саратова составляет 1,80 м. Диаметр кроны 0,97 м. *Ribesaureum Pursh.* достигает в среднем высоту 0,968 м ( $\pm 3,60$  см), максимально – 1,78 м. (табл. 2).

Таблица 2.

Высота кустарников, произрастающих в зеленых зонах населенных пунктов.

Наименование вида	Высота, м		
	min	средн.	max
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	0,42	0,97 $\pm$ 3,82 см	1,65
<i>Spiraeacrenata L.</i>	0,20	0,49 $\pm$ 2,08 см	0,85
<i>Crataegusmonogyna Jacq.</i>	0,80	2,32 $\pm$ 16,17 см	4,00
<i>Loniceratatarica L.</i>	0,13	0,66 $\pm$ 3,60 см	1,80
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	0,48	0,96 $\pm$ 3,60 см	1,78
<i>Parthenocissusquinquefolia Planch.</i> (без опор на почве)	0,22	0,37 $\pm$ 1,85 см	0,45

Таблица 3.

Биометрические показатели кустарников в различных частях склонов разной экспозиции.

Наименование вида	Экспозиция	Показатели (верх./средн./нижн. части склона)		
		Высота, м	Диаметр кроны, см	Годовой прирост, см
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	тенивая	–	–	–
	солнечная	0,88/ 1,1/ 0,95	68,3/ 90,4/ 72,0	7,45/ 9,3/ 8,2
	полутенивая	–	–	–
<i>Spiraeacrenata L.</i>	тенивая	–	–	–
	солнечная	0,31/ 0,72 / 0,43	39,8/ 44,4 / 40,3	9,7/ 12,85/ 10,5
	полутенивая	–	–	–
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	тенивая	0,85/ 0,92/ 1,12	85,9/ 94,9/ 111,0	14,3/ 20,9/ 22,8
	солнечная	0,83/ 0,92/ 1,14	86,9/ 95,0/ 112,5	15,3/ 21,8/ 23,35
	полутенивая	0,86/ 0,93/ 1,10	85,0/ 94,5/ 111,9	14,8/ 21,5/ 23,0
<i>Juniperussabina L.</i>	тенивая	45,3/ 49,0/ 51,2	5,2/ 7,0/ 8,15	20,0/ 24,8/ 27,5
	солнечная	44,3/ 48,5/ 50,3	4,8/ 6,9/ 7,55	19,6/ 24,2/ 27,3
	полутенивая	44,9/ 48,8/ 51,0	5,0/ 7,2/ 7,95	19,8/ 24,5/ 27,5

Исследованиями установлено, что ассортимент хвойных кустарников в населенных пунктах крайне узок и практически не включает аборигенные виды. Определены биометрические показатели. Статистический анализ

замеров биометрических показателей *Juniperussabina L* его, как аборигенного вида в пределах региона исследований свидетельствует о средней и сильной их изменчивости (табл. 4).

Таблица 4.

 Биометрические показатели *Juniperussabina L*.

Субстрат	Возраст, лет	Высота, см			Величина однолетнего прироста, см			Диаметр ствола растения, см			Диаметр кроны, м		
(Волгоградская область, Клетский район, х. Мелоклетский, ст. Клетская)													
Дерново-карбонат. маломощн.	7-35	10,0	47,69 ±5,08	120,	12,0	23,70 ±1,42	42,0	0,8	3,70 ±0,54	8,0	0,3	6,41 ±0,84	13,3
Мел	7-42	30,0	41,66 ±6,00	50,0	18,16	19,99 ±1,25	22,4	3,0	5,33 ±1,17	6,5	4,1	6,46 ±1,49	9,2
участки Клетского опорного пункта ВНИАЛМИ, опыт заложен в 1992 г.													
по ложбинам													
Дерново-карбонат. маломощн. на опоке с мелом	19-21	30,0	62,46 ±5,26	100,0	20,1	28,32	35,8	1,5	4,26 ±0,46	8,0	1,1	4,14 ±0,43	7,7
по бороздам 1-й ряд													
Мел	19-21	15,0	35,55 ±4,12	50,0	12,5	19,81 ±1,87	29,5	2,2	4,48 ±0,70	8,0	1,0	1,90 ±0,27	3,3
по бороздам 2-й ряд													
Мел	19-21	15,0	29,54 ±3,40	50,0	7,0	20,32 ±4,29	50,0	1,0	3,73 ±0,58	7,2	1,1	2,42 ±0,33	4,7
по бороздам 3-й ряд													
Мел	19-21	20,0	33,18 ±3,03	50,0	15,0	24,44 ±2,33	35,7	2,0	3,70 ±0,56	8,7	0,4	2,95 ±0,50	6,7
между водораздельными валами													
Мел	19-21	10,0	22,14 ±2,22	45,00	4,5	19,08 ±2,52	42,5	0,8	2,54 ±0,47	8,3	0,2	1,38 ±0,28	5,6
в сосновых насаждениях													
Дерново-карбонат. маломощн. на опоке с мелом	19-21	35,0	45,00 ±1,96		28,0	35,41 ±2,23	47,0	2,0	3,57 ±0,40	5,50	40	2,88 ±0,44	5,4
Саратовская область, Красноармейский район, памятник природы "Нижне-Банновский"													
Слаборазв. дерново-карбонат. на опоке	9-40	35,0	44,60 ±2,46	60,0	25,0	34,13 ±1,88	50,0	3,5	4,36 ±0,13	5,0	3,7	9,31 ±0,68	12,0
г. Саратов													
Урбаноземы	12-15	35,0	62,55 ±4,99	92,0	15,0	33,76 ±1,34	60,0	0,8	2,38 ±0,23	3,8	0,4	2,40 ±0,19	4,0
г. Энгельс													
Урбаноземы	12-15	45,0	107,60 ±9,47	140,0	25,0	37,15 ±1,93	52,0	1,2	1,98 ±0,15	2,8	1,0	1,35 ±0,11	2,1

На основании проведенного корреляционного анализа установлены устойчивые связи между биометрическими показателями *Juniperussabina L.* – диаметром ствола и высотой (0,65 – значительная); диаметром кроны и высотой (0,54 – значительная), приростом текущего года и высотой (0,41 – умеренная); диаметром кроны и приростом текущего года (0,50 – умеренная); диаметром кроны и диаметром ствола растения (0,66 – значительная).

В регионе исследования в пределах естественного ареала (Клетский р-он Волгоградской области, Красноармейский р-он Саратовской области) и в насаждениях населенных пунктов выявлено многообразие форм проекций кроны: *Juniperussabina L.*: эллипсоидная, в форме звезды, ромбовидная, плотнокустовая, линейная, лучевая, форма неправильной звезды, треугольная; из них доминируют куртины эллипсоидной формы с направлением развития куста вниз либо вверх по склону (рис. 3.).

Рисунок 3. - Формовое разнообразие *Juniperussabina L.* в пределах естественного ареала в зеленых насаждениях ст. Мелолетская Клетский район Волгоградской обл.

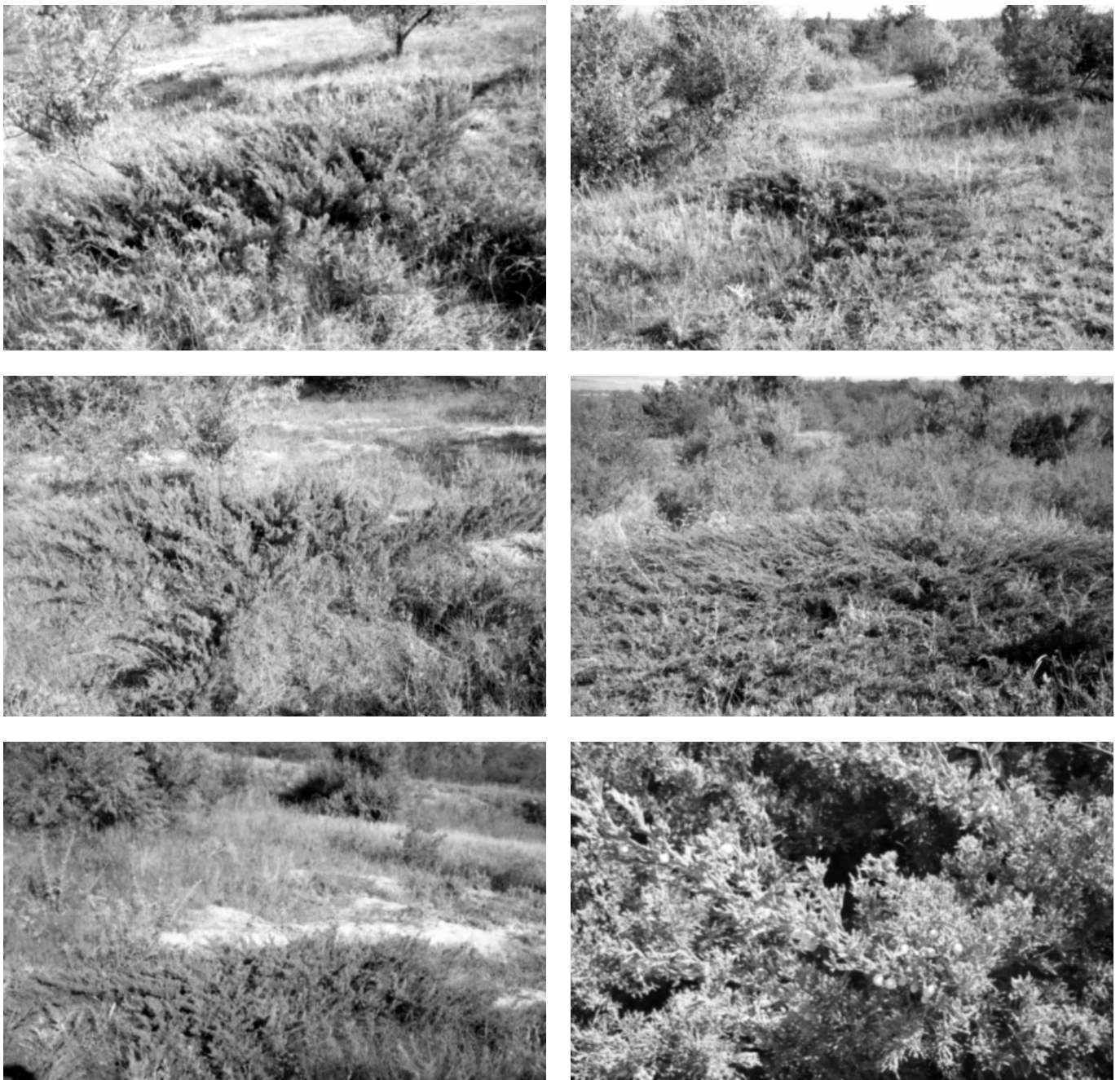
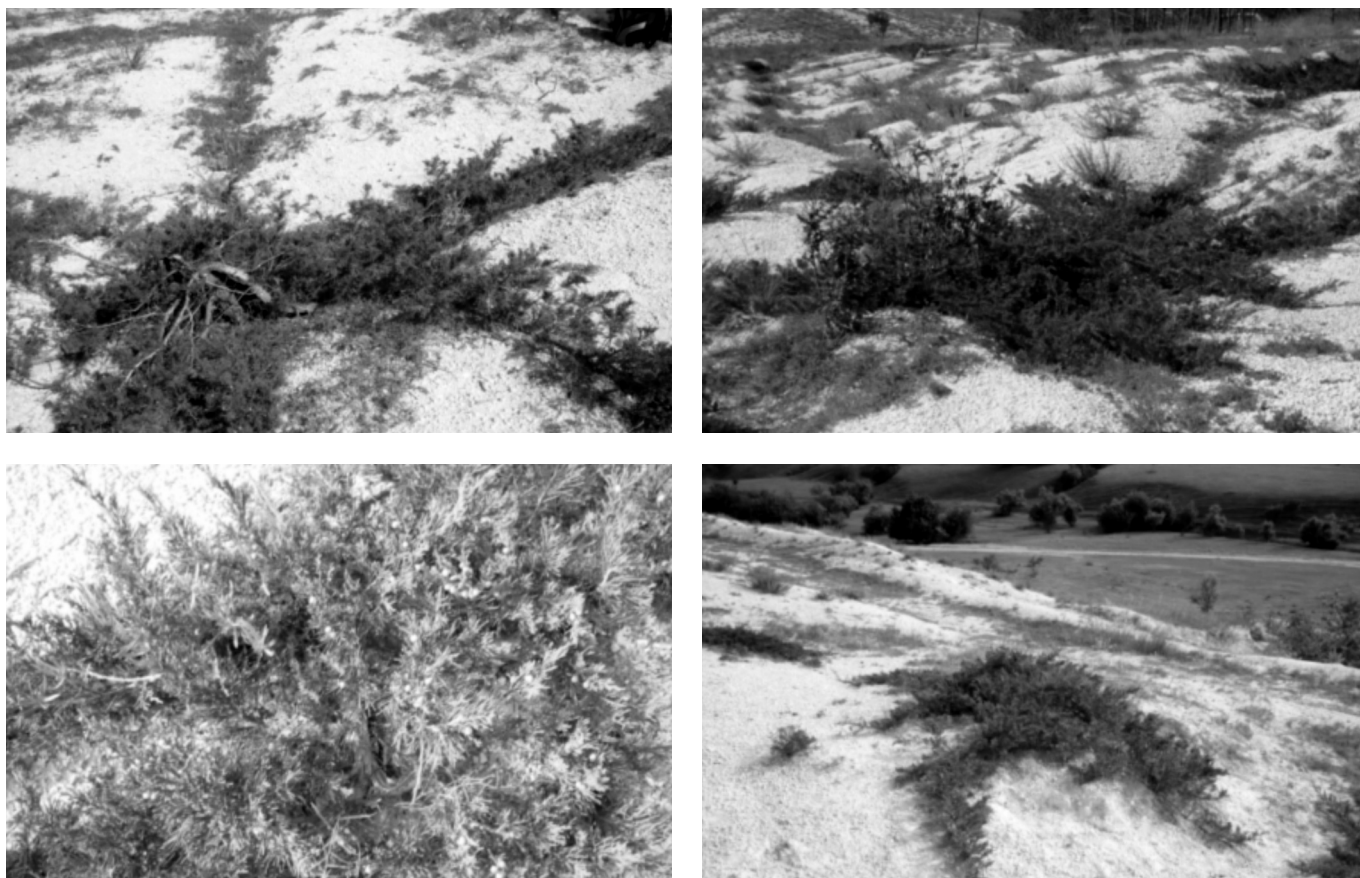




Рисунок 3. - (продолжение)



Фактура кроны *Juniperus L.* на объектах исследования была как плотного, так и рыхлого сложения; плодоносящий *Juniperus L.* встречается единично.

Диаметр кроны варьирует от 0,2 до 13,3 м [4].

На основании полученных данных по форме проекции крон, их изменения с возрастом у кустарников были разработаны регрессионные модели для обоснования плотности посадки кустарников с целью формирования основных типов пространственной структуры (ТПС) на склонах (табл. 5).

Таблица 5. Математические модели изменения проективного покрытия кустарниками с возрастом.

Вид	Математическая модель	R <sup>2</sup>
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	$y=3,640 \times \ln(x)-0,441$	0,929
<i>Spiraeacrenata L.</i>	$y=2,622 \times \ln(x)- 0,541$	0,906
<i>Spiraeamedia Franz Schmidt</i>	$y=1,323 \times \ln(x)- 0,309$	0,785
<i>Crataegusmonogyna Jacq.</i>	$y=5,545 \times \ln(x)- 0,378$	0,909
<i>Loniceratatarica L.</i>	$y=0,409 \times \ln(x)- 0,618$	0,954
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	$y=0,652 \times \ln(x)- 0,624$	0,934

Экологические и средообразующие качества кустарников во многом определяются характеристиками надземной фитомассы, в частности сухой массы и площади листы на растениях [5]. Наибольшая масса сухих листьев на растении отмечена у *Spiraeamedia Franz Schmidt* (188,50 г), *Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.* (108,41 г). Наименьшую массу сухих листьев имеет *Spiraeacrenata L.* (9,86 г.). Распределение надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии по фракциям представлено на рис. 4.

Анализ по *t*-критерию установил достоверность ста-

тистической разницы между показателями массы сухих листьев на 1 растении для этих кустарников.

Важными характеристиками обоснования ассортимента кустарников для озеленения в регионе исследования является их устойчивость к высоким температурам кустарников[6]. При воздействии высоких температур (60, 65) исследуемые виды кустарников продемонстрировали устойчивость – были выявлены очень слабые (1 балл) и слабые повреждения (2 балла), поскольку часть из них относится к аборигенным видам, часть является апробированными интродуцентами (табл. 6).

Рисунок 4 - Фракционный состав фитомассы надземной части кустарников в условиях г.Саратова, % .

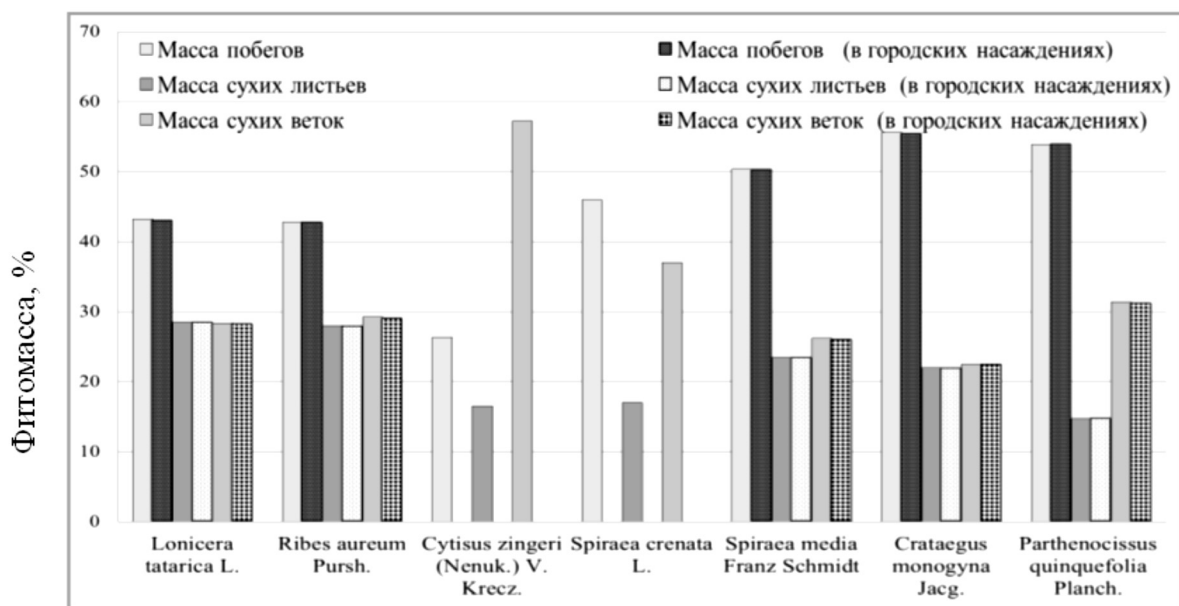


Таблица 6.

Устойчивость кустарников к действию температур.

Наименование вида	Степень повреждения листьев, балл*					
	Температура обработки листьев, °C					
	40	45	50	55	60	65
<i>Loniceratatarica L.</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Juniperussabina L.</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Crataegusmonogyna Jacq.</i>	0	0	1	1	1	1
<i>Parthenocissusquinquefolia Planch.</i>	0	0	0	1	1	2
<i>Spiraeamedia FranzSchmidt</i>	0	0	0	1	2	2
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	0	0	1	1	2	2
<i>Spiraeacrenata L.</i>	0	0	1	1	2	2

\* 0 -повреждения отсутствуют, 1- очень слабые повреждения, 2 - слабые повреждения.

В условиях крупных городов основными источниками загрязнения воздушного бассейна являются выбросы в транспорта и промышленных предприятий. Для озеленения населенных пунктов в условиях загрязнения воздуха можно рекомендовать все исследуемые виды кустарников (табл. 7).

Наиболее устойчивыми видами к воздействию кислот различной концентрации являются: *Juniperussabina L.* (0,7 балла), *Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.* (0,8 балла), которые превосходят такие активно используемые в насаждениях виды, как *Ribesaureum Pursh.* (1,1 балла), *Crataegusmonogyna Jacq.* (1,2 балла), *Loniceratatarica L.* (1,3 балла).

Кустарники в насаждениях населенных пунктов должны выполнять ряд санитарных функций, таких как пылеосаждение, газопоглощение, выработка кислорода, поглощение углекислоты [7].

На основе полученных математических моделей нами был проведен расчетыпылеосаждения и газопоглощения при формировании в зеленых насаждениях закрытого ТПС. Расчетыпоказывают, что они варьируют 3 – 370 кг/га.

Наименьшие значенияимеет *Parthenocissusquinquefolia Planch.*(табл. 8).

Таблица 7.

Устойчивость кустарников к действию растворов токсикантов.

Наименование вида	Степень повреждения листьев, балл *								
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			HCl			HNO <sub>3</sub>		
	Концентрация, %								
	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0
<i>Juniperussabina L.</i>	0	0	1	0	0	1	1	2	2
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	0	1	1	0	0	0	0	2	4
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	1	1	1	0	0	1	1	2	3
<i>Parthenocissusquinquefolia Planch.</i>	1	1	1	1	1	2	1	1	1
<i>Crataegusmonogyna Jacq.</i>	0	1	1	1	1	1	1	2	3
<i>Loniceratatarica L.</i>	0	1	1	1	1	1	1	2	3
<i>Spiraeamedia Franz Schmidt</i>	0	1	2	0	1	1	1	2	3
<i>Spiraeacrenata L.</i>	0	3	3	1	2	3	2	4	4

\* 0 - повреждения отсутствуют, 1- очень слабые повреждения, 2 - слабые повреждения, 3 - средние повреждения, 4 - сильные повреждения.

Таблица 8.

Средообразующие характеристики кустарников в насажденияхпри формировании закрытого ТПС.

Наименование вида	Газопоглощение, кг/га за вегет. период	Пылеосаждение, кг/га за сезон
<i>Cytisuszingeri (Nenuk.) V. Krecz.</i>	30	130
<i>Spiraeacrenata L.</i>	30	20
<i>Spiraeamedia Franz Schmidt</i>	20	70
<i>Crataegusmonogyna Jacq.</i>	20	40
<i>Loniceratatarica L.</i>	110	370
<i>Ribesaureum Pursh.</i>	80	150
<i>Parthenocissusquinquefolia Planch.</i> (без опор на почве)	3	5

Размещение на территории зеленых насаждений из кустарников влияет на изменение микроклиматических показателей территории. Установлено благоприятное воздействие кустарников на микроклиматические показатели (снижение скорости ветра на 42,7 %, понижение температуры воздуха на 4,5 %, повышение относительной влажности воздуха на 1,3 %). Показатели влияния на микроклимат варьируют с учетом инсоляции и рельефа территории. На контроле (солнечный склон без насаждений) максимальная температура воздуха на высоте 1 и 1,5 м в июне в два часа дня в середине склона составляла 39,3 °С; средняя скорость на высоте 1 м – 1,15 м/с, максимальная составляла 3,67 м/с; 1,5 м – 1,56 м/с (средняя), максимальная – 4,25 м/с. На склоне оврага с насаждениями из *Crataegus monogyna* Jacq. температура воздуха на высоте 1 м; 1,5 м понизилась на 0,9 (2,6 %) до отметки 38,4 °С; снижение значения средней скорости на высоте 1 м на 0,59 м/с (51,3 % соответственно) до 0,56 м/с, максимальной на 42,2 % (1,55 м/с); высота 1,5 м – снижение средней скорости на 66 % (1,03 м/с),

скорости максимальной до 2,30 м/с (54,1%) [8].

Относительная влажность воздуха в два часа дня на высоте 1 м в середине склона (контроль) – 22,4 %, на высоте 1,5 м – 22,3 %; на склоне оврага с насаждениями из кустарника наблюдалось повышение (высота 1 м) на 3,3 % (25,7 % соответственно); высота 1,5 м – 2,5 % (24,8 %).

Статистический анализ характеристик микроклимата показал, что между контролем и опытным участком различия являются достоверными и существенными на 5% уровне значимости.

Немаловажным критерием для включения кустарниковых видов в ассортимент являются характеристики их декоративности. В результате проведенной оценки состояния и проявления декоративных качеств кустарников внесенными нами изменениями было проведено ранжирование видов (табл. 9, рис. 3).

Таблица 9.

Шкала для оценки декоративных качеств кустарников.

Признак декоративности	Балл
1	2
1. Фактура кроны *	
- мелкая рыхлая	1
- мелкая плотная	2
- крупная рыхлая	1
- крупная плотная	2
2. Побеги	
2.1. Окраска побегов	
- Не декоративная	1
-- Оригинальная (красная, бурая, светло - коричневая, желтовато - бурая)	2
3. Листья	
3.1 Сроки распускания листьев	
- конец мая	1
- конец апреля - начало мая	2
- начало апреля	3
3.2 Продолжительность облиствления	
- ранний листопад (начало сентября)	1
- средняя продолжительность (сентябрь - октябрь)	2
- сохранение листьев до заморозков	3

Признак декоративности	Балл
1	2
<b>3. Листья</b>	
<b>3.3 Фактура листьев *</b>	
- матовые	1
- глянцевые	2
- опушенные	3
<b>3.4 Цвет листьев</b>	
- темно-зеленый	3
- зеленый	2
- светло-зеленый	1
<b>3.5 Сезонные изменения окраски листьев</b>	
- окраска не изменяется	1
- окраска изменяется осенью	2
- окраска изменяется в течение всего сезона	3
<b>3.6 Осенняя окраска листьев</b>	
- зеленая	1
- преобладают желтые,оранжевые, красные тона	2
<b>4. Цветение</b>	
<b>4.1 Сроки цветения</b>	
- весеннее (май)	1
- весенне - летнее (май - июнь)	2
<b>4.2 Продолжительность цветения</b>	
- непродолжительное (1-2 недели)	1
- средней продолжительности (до 4 недель)	2
- продолжительное (более 1 месяца)	3
<b>4.3 Величина соцветий *</b>	
- отсутствуют	0
- мелкие - до 10 см	1
- крупные - 10 - 20 см	2
- очень крупные - 20 - 30 см	3
<b>4.4 Контрастность окраски соцветий на фоне листьев *</b>	
- отсутствует	1
- умеренная	2
- ярко выраженная	3

Признак декоративности	Балл
1	2
<b>4. Цветение</b>	
<b>4.5 Аромат</b>	
- отсутствует	1
- слабый	2
- сильный	3
<b>5. Плодоношение</b>	
<b>5.1 Сохранность плодов *</b>	
- плоды быстро опадают	1
- плоды сохраняются до зимы	2
- плоды сохраняются до следующего сезона	3
<b>5.2 Характер расположения плодов *</b>	
- плоды единичные	1
- плоды собраны в кисти, грозди	2
<b>5.3 Характер расположения плодов по кроне *</b>	
- локальное	1
- равномерное	2
<b>5.4 Размер плодов *</b>	
- мелкие плоды (до 3 см)	1
- средние плоды (3 - 7 см)	2
- крупные (более 7 см)	3
<b>5.5 Декоративность плодов</b>	
- не декоративные	1
- декоративные	2
<b>5.6 Контрастность окраски плодов на фоне листьев *</b>	
- отсутствует	1
- умеренная	2
- ярко выраженная	3
<b>6. По типу восприятия пейзажных картин *</b>	
- на дальнем фоне	1
- близком и среднем фоне	2
- близком, среднем и дальнем фоне	3

\* Внесенные изменения в шкалу А.Л. Калмыковой (2009)

Результаты интегральной оценки показывают, что аборигенные виды, произрастающие в регионе исследований, имеют высокую (38–41 балл) и среднюю декоративность (31–36 баллов), на основании чего могут быть

рекомендованы к использованию.

Наивысшими декоративными качествами обладают смешанные насаждения с использованием лиственных и хвойных пород (рис. 5).

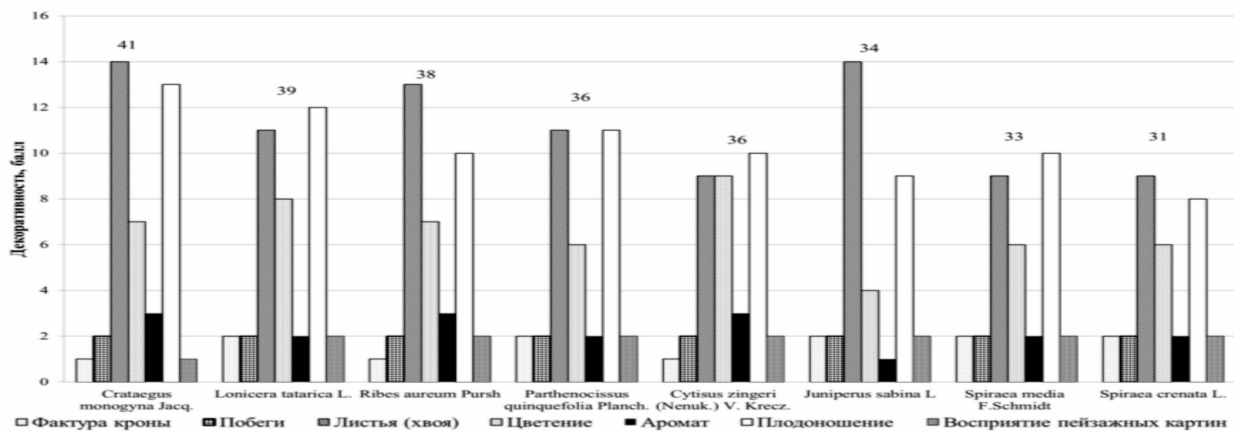


Рисунок 5 - Оценка эстетических качеств кустарников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За счет создания насаждений из кустарников в населенных пунктах засушливого региона возможно повышение уровня озеленения до показателей 75%–100% от норматива.

Для озеленения населенных пунктов в настоящее время в насаждениях используется 44 видов кустарников. Биометрические показатели и состояние кустарников внутри вида незначительно отличаются по местоположению и объектам исследования. Динамика изменения проективного покрытия поверхности ландшафта кустарниками в динамике описывается логарифмическим уравнением вида  $y = a \times \ln(x) - b$  с высокой точностью ( $R^2 = 0,785 - 0,929$ ).

Размещение насаждений из кустарников оказывает достоверное положительное воздействие на микроклиматические показатели территории. Они приближают микроклиматические условия к зоне комфорта в среднем на 20–25%. Все исследуемые виды устойчивы к воздей-

ствию высоких температур и токсикантов. В насаждениях закрытого типа пространственной структуры они способны за сезон задерживать 5–370 кг/га пыли и 3–110 кг/га газов.

*Crataegus monogyna* Jacq., *Lonicera tatarica* L. и *Ribes aureum* Pursh. обладают высокой декоративностью (38–41 балл); *Parthenocissus quinquefolia*

*Planch.*, *Cytisus zingeri* (Nenuk.) V. Krecz., *Juniperus sabina* L., *Spiraea media* Franz Schmidt, *Spiraea crenata* L. имеют среднюю декоративность – (31–36 баллов), что является существенным фактором для рекомендации к использованию их в насаждениях населенных пунктов.

Оценка экологических и средообразующих свойств свидетельствует о возможности расширения ассортимента кустарников для создания насаждений за счет введения *Crataegus monogyna* Jacq., *Lonicera tatarica* L., *Ribes aureum* Pursh., *Cytisus zingeri* (Nenuk.) V. Krecz., *Juniperus sabina* L., *Spiraea crenata* L., *Spiraea media* Franz Schmidt.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dendroflora of agroforestry systems / A.V. Semenyutina: monograph edited by I.P. Svintsov. – Volgograd: All-Russia scientific-research institute of silvicultural reclamation, 2013. – 266 p.
2. K.N. Kulik. Ecological-experimental introduction of economically valuable plants for agroforestry / K.N. Kulik, I.P. Svintsov, A.V. Semenyutina // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2004. – № 3. – P. 19–24.
3. A.V. Semenyutina. Bioecological substantiation of shrubs range for landscaping urbanized areas of the Nizhnevolzhskiy region / A.V. Semenyutina, S.M. Kostjukov, A.S. Solomentseva // Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrarian university complex. – 2012. – № 2 (26). S. 32–37.
4. Терешкин А.В., Андрушко Т.А. Оценка эффективности использования можжевельника казацкого для озеленения склонов в условиях степи Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 9 (83). С. 40–43.
5. Андрушко Т.А., Терешкин А.В., Оценка надземной фитомассы кустарников, произрастающих на склонах г. Саратова. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (23). С. 73–75.
6. Semenyutina A.V., Podkovyrov I.U., Semenyutina V. A. Environmental efficiency of the cluster method of analysis of greenery objects decorative advantages / Life Science Journal. – 2014. – 11(12s). – P. 699–702.
7. A.V. Semenyutina. Rare and endangered species of Russian natural flora cultured in Volgograd arboretum / A.V. Semenyutina // The wisdom of the ages of forest ecosystems formation in agricultural landscapes arid belt of Russia. – Volgograd: All-Russia scientific-research institute of silvicultural reclamation, 2003 – P. 57–61.
8. Терешкин А.В., Андрушко Т.А. Анализ влияния кустарников на изменение микроклиматических показателей и условий рекреации на склоновых землях в условиях г. Саратова // "Научное обозрение" 2015 – № 10 С. 26–31.

## УРОВЕНЬ СЕРОТОНИНА В ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КРОВИ БОЛЬНЫХ СТЕНОКАРДИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРОТЕРАПИИ

### SEROTONIN LEVELS IN THE BLOOD CELLS OF PATIENTS ANGINA DURING LASER THERAPY

*M. Sapozhnikov  
N. Spassova  
L. Lyubovtseva  
A. Sapozhnikova*

#### Annotation

This paper presents the results of studies of the serotonin concentration in the formed elements of the peripheral blood of 124 patients angina and 32 healthy individuals. The study found that serotonin levels in patients with angina significantly exceed the value of healthy controls. Patients are only for medical treatment of significant changes in serotonin content of blood cells was observed. Patients receiving both medication and laser therapy, rates of serotonin within 15 days of observation decreased and became comparable with the values of healthy people.

**Keywords:** angina, serotonin, laser therapy, blood cells, the acupuncture points.

*Сапожников Михаил Юрьевич  
ФГБОУ ВПО "Чувашский государственный  
университет им. И.Н. Ульянова", г. Чебоксары  
Спасова Наталия Владимировна  
АУ "Институт усовершенствования  
врачей", МЗСР Чувашской Республики,  
г. Чебоксары  
Любовцева Любовь Алексеевна  
Сапожникова Антонина Алексеевна  
ФГБОУ ВПО "Чувашский  
государственный университет  
им. И.Н. Ульянова", г. Чебоксары*

#### Аннотация

В работе изложены результаты исследования содержания серотонина в форменных элементах периферической крови 124 больных стенокардией напряжения и 32 здоровых лиц. В результате исследования выявлено, что уровень серотонина у больных стенокардией напряжения существенно превышает значения здоровых. У пациентов находящихся на медикаментозном лечении существенных изменений содержания серотонина в форменных элементах крови не наблюдалось. У пациентов, получавших одновременно медикаментозную и лазерную терапию, показатели серотонина в течение 15 дней наблюдения снизились и стали сопоставимы со значениями здоровых людей.

#### Ключевые слова:

Стенокардия напряжения, серотонин, лазерная терапия, форменные элементы крови, точки акупунктуры.

#### ВВЕДЕНИЕ

Роль серотониновой системы часто обсуждается в патогенезе атеросклероза [1]. Выявлено, что при ишемической болезни сердца, остром инфаркте миокарда повышается концентрация серотонина в крови и наблюдается увеличение его захвата тромбоцитами [2], что, вероятно, является компенсаторным механизмом удаления повышенной его концентрации в плазме [3].

Серотонин (С) – представитель биогенных аминов, более 95% которого синтезируется энтерохромаффинными клетками кишечника, оставшиеся 5% синтезируются в мозге, нейроэндотелиальных клетках легких [4]. Во всех органах и тканях С находится как в свободной, так и связанной с АТФ, белками плазмы, субклеточными структу-

рами формам. В норме концентрация С в крови колеблется в пределах от 20 до 300 мкг/л [5].

Известно, что С принадлежит ведущая роль в поддержании базального тонуса сосудов микроциркуляторного русла и в обеспечении эндогенной вазомоторики [1]. Еще в 1971 М. Nishioka была доказана роль С в генезе коронароспазма [6]. Если в нормальных коронарных артериях С вызывает вазодилатацию, то при эндотелиальной дисфункции, что наблюдается при ИБС, С приводит к вазоконстрикции. Показано, что на фоне ?-блокады С оказывает в 10 раз более сильное сосудосуживающее действие на крупные субэпикардиальные артерии сердца человека, чем норадреналин [7].

Серотонин также играет важную роль в процессах



свёртывания крови, принимает участие в спонтанной агрегации и гиперактивации тромбоцитов, что наблюдается у пациентов с атеросклерозом. Кроме того, высокая концентрация С может увеличивать эффекты других активаторов тромбоцитов. Хроническая агрегация тромбоцитов и накопление С в местах сосудистого повреждения ведут к избыточной пролиферации эндотелия и гладкомышечных клеток, что является неотъемлемым звеном развития атеросклероза и ИБС.

Цель исследования – изучить содержание серотонина в форменных элементах крови больных стенокардией напряжения и его динамику в процессе лазерной рефлексотерапии (ЛРТ).

Материалы и методы – в исследование было включено 124 пациента с клинической картиной стенокардии напряжения и положительным результатом велоэргометрической (ВЭМ) пробы, а также 32 практически здоровых человека, сопоставимых с больными по полу и возрасту и имеющих отрицательный результат ВЭМ-пробы (контрольная группа, [КГ]).

Больные стенокардией напряжения были разделены на 2 группы: основную группу (ОГ), состоящую из 76 человек, в которой на фоне базисной медикаментозной терапии, включавшей бета-блокаторы, дезагреганты, нитраты, статины, был проведен курс ЛРТ, и группу сравнения (ГС), состоящую из 48 человек, в которой пациенты получали только базисное медикаментозное лечение.

ЛРТ проводилась по точкам акупунктуры "меридианов" сердца и перикарда в количестве 15 ежедневных процедур с помощью гелий-неоновой лазерной установки УЛФ-01. Дозирование лазерного излучения проводилось по методике разработанной Павловым А.Ф. с соавт. (1985, АС № 1194415). Больным группы сравнения проводилась имитация лазерного воздействия.

Исследование уровня С проведено больными обеих групп и 32 человек КГ. Концентрация С в форменных элементах крови определялась люминесцентным гистохимическим методом в мазках периферической крови, взятой из пальца. В ОГ забор крови производился до 1 сеанса ЛРТ и сразу после него, а затем однократно через день после процедур ЛРТ – всего было сделано 9 мазков. В группах сравнения и контроля мазки готовились аналогично основной группе.

Для выявления серотонина применялся метод В. Falck et al. (1962) в модификации Е. М. Крохиной, П.Н. Александрова (1969). Микроспектрофлуориметрию препаратов проводили на микроскопе ЛЮМАМ-И2 с насадкой ФМЭЛ-1А при возбуждении люминесценции синим светом с длиной волны 410–436 нм, используя светофильтры возбуждения СС-15-2, ВС-8-2, СЗС-7-2 и запира-

ющий светофильтр ЖС-18. Интенсивность люминесценции измеряли по цифровым значениям усилителя У-5-6, сопряженного с ФЭУ-39А насадки.

Результаты исследования. При изучении исходного уровня С в нейтрофилах исследованных лиц выявлено, что его содержание в ОГ и ГС практически не отличалось и составляло  $24,6 \pm 1,5$  и  $24,7 \pm 0,7$  у.е., соответственно, а в КГ было достоверно ниже –  $17,2 \pm 1,3$  у.е. ( $p < 0,001$ ).

В результате ЛРТ зарегистрирована существенная динамика данного показателя у пациентов ОГ. После первой процедуры содержание С снизилось до  $17,6 \pm 1,9$  у.е. ( $p < 0,001$ ). После третьей процедуры величина данного параметра почти не изменилась ( $17,4 \pm 1,8$  у.е.), после 5-й процедуры выросла до  $20,6 \pm 2,7$  у.е., после 7-й – до  $22,3 \pm 2,0$  у.е. В дальнейшем зарегистрировано неуклонное снижение, и к концу курса ЛРТ содержание С в нейтрофилах составило  $16,7 \pm 1,7$  у.е., что достоверно ниже исходного уровня ( $p < 0,01$ ) и сопоставимо с показателями КГ. В ГС динамика данного параметра отсутствовала (см. рисунок).

При сравнении уровня С в группах исследованных выявлено, что группа лазерного воздействия и контрольная отличались только на исходном уровне ( $p < 0,001$ ), после 5-й и 7-й процедур ( $p < 0,001$ ), в остальных пробах параметры были сопоставимы. Между тем, различия между ОГ и ГС, а также ГС и КГ были существенными при  $p < 0,001$ .

Содержание С в лимфоцитах перед началом исследования в обеих группах больных также было одинаковым ( $21,7 \pm 1,3$  и  $21,7 \pm 0,7$  у.е., в ОГ и ГС соответственно), но оно было значительно выше, чем в КГ ( $15,5 \pm 1,9$  у.е.,  $p < 0,001$ ).

В основной группе ЛРТ сопровождалась снижением уровня С до  $13,8 \pm 1,4$  у.е. ( $p < 0,001$ ), что сопоставимо со значениями данного параметра в КГ ( $15,5 \pm 1,5$  у.е.), при этом обращает на себя внимание некоторое его возрастание на 5-й и 7-й дни воздействия.

Динамика содержания С в лимфоцитах больных ГС отсутствовала. При сравнении уровня С в лимфоцитах больных ГС и КГ, а также ОГ и ГС отмечено существенное различия при  $p < 0,001$  почти при всех измерениях, при этом отличия по этому показателю между ОГ и КГ были зарегистрированы лишь на 5-й и 7-й дни.

В начале исследования содержание С в эозинофилах пациентов ОГ и ГС было одинаковым ( $30,8 \pm 2,2$  и  $30,7 \pm 3,1$  у.е. соответственно), оно значительно преобладало над показателем в группе здоровых лиц ( $21,6 \pm 0,3$  у.е.) при  $p < 0,001$ .

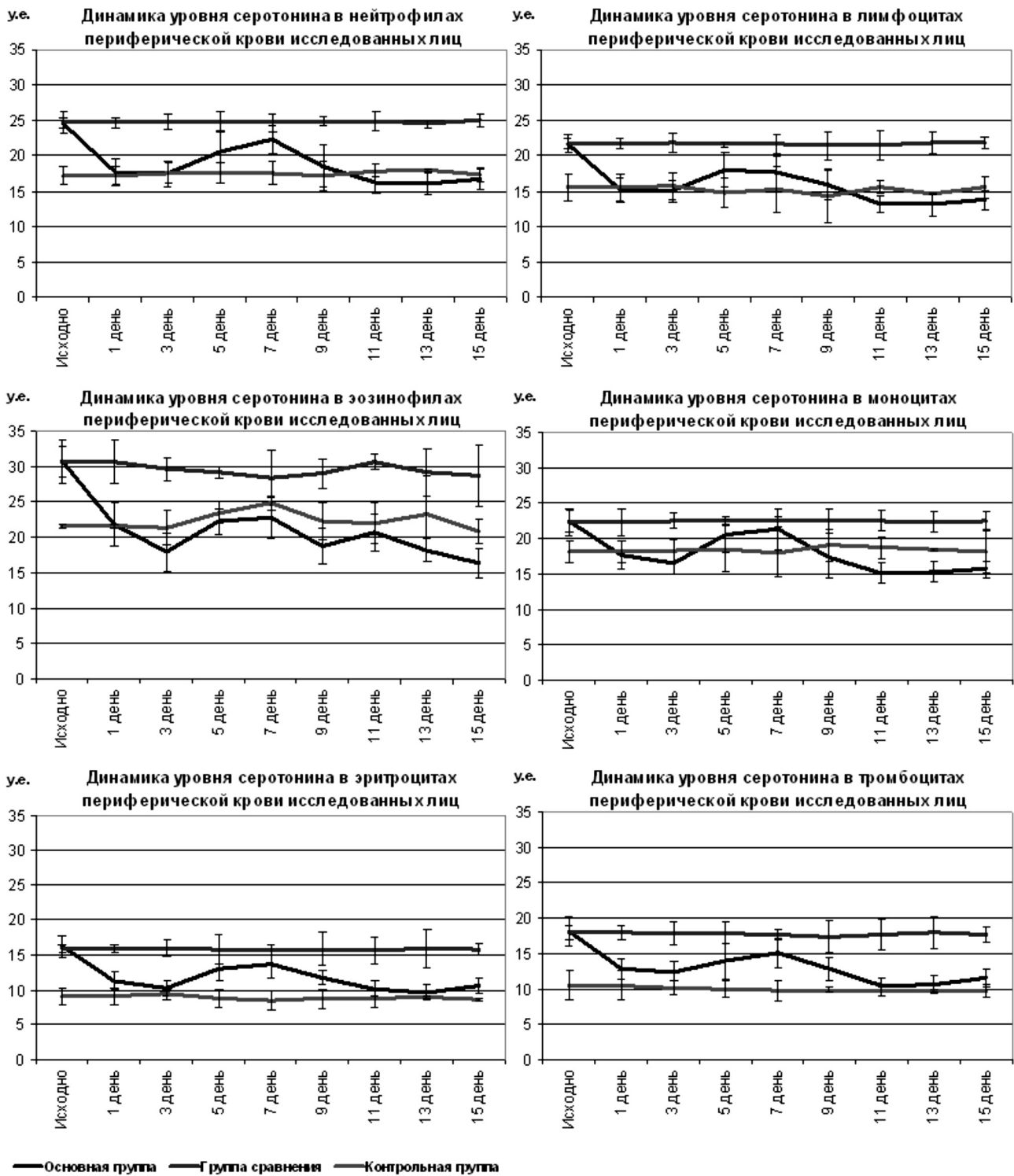


Рисунок. Динамика уровня серотонина в форменных элементах периферической крови исследованных лиц.

В дальнейшем в ОГ наблюдалось снижение содержания С к 15-у дню до  $16,3 \pm 2,1$  у.е. ( $p < 0,001$ ) при некотором возрастании его на 5-й и 7-й дни ( $22,3 \pm 1,9$  и  $22,8 \pm 2,9$  у.е., соответственно). ВГС также произошло некоторое снижение, но менее выраженное (до  $28,7 \pm 4,4$  у.е.,  $p < 0,01$ ).

Различие по содержанию С между ОГ и КГ имело место лишь перед началом воздействия, между ГС и КГ при всех измерениях, кроме 7-го и 13-го дней ( $p$  от  $< 0,05$  до  $< 0,001$ ), а между ОГ и ГС с первого до 15-го дня, при  $p < 0,001$ .

Исходно С содержался в моноцитах больных ОГ и ГС в одинаковых количествах ( $22,4 \pm 1,6$  и  $22,3 \pm 1,6$  у.е. соответственно), а в КГ его содержание было существенно ниже ( $18,1 \pm 1,5$  у.е.,  $p < 0,001$  и  $p < 0,001$ , соответственно). После 15 процедур ЛРТ достигнуто снижение его содержания с  $22,4 \pm 1,6$  у.е. до  $15,7 \pm 1,2$  у.е. ( $p < 0,001$ ), причем также на 5 и 7 дни отмечался некоторый подъем уровня С. В КГ этот показатель оставался стабильным на протяжении всего исследования.

Сравнение динамик содержания С в группах выявило снижение степени различий между ОГ и КГ и сохранение их на прежнем уровне между ГС и КГ, а также появление статистически значимых различий между ОГ и ГС ( $p < 0,001$ ).

Содержание С в эритроцитах как перед началом исследования, так и в динамике имело те же особенности. В начале исследования эритроциты больных ОГ и ГС имели сопоставимое количество С ( $16,2 \pm 1,6$  и  $15,9 \pm 0,6$  у.е.), тогда как эритроциты здоровых лиц КГ значительно меньше ( $9,1 \pm 1,2$  у.е.,  $p < 0,001$  и  $p < 0,001$ , соответственно). К 13-й процедуре его содержание в эритроцитах ОГ снизилось до  $9,7 \pm 1,0$  у.е., приближаясь к значениям КГ, а после 15-й процедуры увеличилось до  $10,2 \pm 1,2$ . По сравнению с исходным уровнем снижение достоверно при  $p < 0,001$ .

При этом после 5 и 7 процедур начавший снижаться уровень С в эритроцитах снова вырос. Между тем, динамика данного показателя в ГС отсутствовала.

Несмотря на то, что снижение С в эритроцитах больных ОГ было существенным, на всем протяжении исследования, за исключением 13 дня, сохранялась достоверная разница уровней С между ОГ и КГ. Различия в динамике содержания С в процессе воздействия между ГС и КГ были достоверны при всех измерениях ( $p < 0,001$ ). Между ОГ и ГС также наблюдалось статистически достоверное различие в уровне С в эритроцитах ( $p < 0,001$ ) на протяжении всего периода наблюдения, за исключением первого забора крови.

С в тромбоцитах претерпел аналогичную динамику. Перед началом воздействия в тромбоцитах обеих групп больных он содержался в количестве  $18,1 \pm 2,1$  и  $18,0 \pm 1,0$  у.е., соответственно, а в тромбоцитах здоровых –  $10,5 \pm 2,0$  у.е. ( $p < 0,001$  и  $p < 0,001$ ). К концу курса ЛРТ его величина в ОГ снизилась до  $11,6 \pm 1,3$  у.е. ( $p < 0,001$ ), а в ГС осталась без динамики. Достоверные различия между ОГ и КГ по данному параметру исчезли с 11-го дня, а между ОГ и ГС появились буквально после 1-й процедуры ( $p < 0,001$ ).

#### ВЫВОДЫ

Содержание серотонина во всех форменных элементах крови больных стенокардией напряжения существенно выше показателей практически здоровых лиц.

Под влиянием 15 дневного курса лазерной рефлексотерапии содержание серотонина во всех форменных элементах изменяется, и к концу курса становится сопоставимым с показателям здоровых лиц. При этом выявлена одна интересная особенность: после 5-го и 7-го сеансов лазерной рефлексотерапии наблюдаются изменения содержания серотонина в форменных элементах крови в сторону исходных значений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марков Х.М. Молекулярные механизмы дисфункции сосудистого эндотелия. – Журнал Кардиология. – 2005. – №12 – С. 62–72.
2. Puri V.K., Verma M., Saxena A.K., Shanker K. Platelet serotonergic mechanisms in ischemic heart disease. *Tromb.Res.* 1990;57(3):445–451.
3. Нигматуллина Р.Р., Кириллова В.В., Джорджия В.К., Кудрин В.С., Клодт П.М. Концентрация серотонина в крови и тромбоцитах у пациентов с ХСН. – Журнал Сердечная Недостаточность. – 2008. – Т.9. – №6(50). – С. 289–291.
4. Cooper JR., Bloom FE., Roth RH. Serotonin (5-hydroxytryptamine), histamine and adenosine. In: *Biochemical Basis of Neuropharmacology.* Oxford University Press, New York 2003; 271–320.
5. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / В.В. Меньшиков – М., 1987. – 368 с
6. Nishioka M. Pharmacological responses of the smooth muscle of the pig's excised coronary artery // M. Nishioka // "J. Med. Sci.". – 1971, Vol. 17. – P. 129–159
7. Henry P. D. Coronary constriction as a pathogenic mechanism of myocardial ischemia. – In: *Factors influencing the course of myocardial ischemia/Ed. M. E. De Bakey* A. M. Gotto. Amsterdam: Elsevier Biomedical, 1983, P. 123–133.



## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

### **Abel Y.**

*Head of Laboratory of nondestructive testing, expert uniform evaluation system in the mining industry*

**e-mail** : Barybin\_da@list.ru

### **Andrushko T.**

*Candidate of agricultural sciences, a., Head of the department of "Landscape gardening and landscaping," Saratov Agricultural University. NI Vavilov"*

**e-mail** : vnialmi@yandex.ru

### **Anisimov A.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

### **Archakov S.**

*Director, LLC "Universal-TS", Moscow*

**e-mail** : staralex7706@gmail.com

### **Barybin D.**

*Director of PF LLC "GorMash-UL" expert uniform evaluation system in the mining industry, a specialist in NDT Level 2.*

**e-mail** : Barybin\_da@list.ru

### **Danilov A.**

*Technical director of LLC "Certification"*

**e-mail** : info@atc-ndt.ru

### **Derunov A.**

*General Director of LLC "Certification"*

**e-mail** : info@atc-ndt.ru

### **Galiev M.**

*Expert of the Uniform system of conformity assessment in the coal industry*

**e-mail** : gormash-ul@yandex.ru

### **Grachev E.**

*Expert of the Uniform system of conformity assessment in the coal industry*

**e-mail** : gormash-ul@yandex.ru

### **Kodirov D.**

*Institute of Power Energy and Automation, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Jr. Researcher*

**e-mail** : d.kodirov@mail.ru

### **Kolesnikov G.**

*Professor, Petrozavodsk State University*

**e-mail** : kgn@petrsu.ru

### **Kovalev V.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

### **Kulchitsky S.**

*Expert of the Uniform system of conformity assessment in the coal industry*

**e-mail** : gormash-ul@yandex.ru

### **Kuranov D.**

*Expert, LLC "Universal-TS", Moscow*

**e-mail** : staralex7706@gmail.com

### **Larochkina N.**

*Director of STC "Expert"*

**e-mail** : info@atc-ndt.ru

### **Lyubovtseva L.**

*Chuvash State University IN Ulyanov", Cheboksary*

**e-mail** : michels2@rambler.ru

### **Mogilevtsev E.**

*The expert in the field of industrial safety of "Gormash-Yul"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

### **Morozov A.**

*South-Russian State Technical University (NPI), the MI Platon, Unified Expert evaluation system in the mining industry*

**e-mail** : Barybin\_da@list.ru

### **Muravskaya I.**

*Leading Specialist LLC "Certification"*

**e-mail** : info@atc-ndt.ru

### **Musina N.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

**Normuminov J.**

*Institute of Power Energy and Automation, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Jr. Researcher*

**e-mail** : jnormuminov@mail.ru

**Oreshkin A.**

*Technical Director*

**e-mail** : oreshkin.alexandr@mail.ru

**Parshin S.**

*Leningrad Order of Lenin, October Revolution, Red Banner of Labor and Mining Institute GV Plekhanov, a specialist in NDT Level 2.*

**e-mail** : Barybin\_da@list.ru

**Petrov V.**

*Doctor with-agricultural sciences., Academician of Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of agroforestry, Volgograd*

**e-mail** : vnialmi@yandex.ru

**Rumyantseva I.**

*Senior Lecturer, Petrozavodsk State, University*

**e-mail** : rumyantsewa.i2015@ya.ru

**Sapozhnikov M.**

*Chuvash State University IN Ulyanov, Cheboksary*

**e-mail** : michels2@rambler.ru

**Sapozhnikova A.**

*Chuvash State University IN Ulyanov, Cheboksary*

**e-mail** : michels2@rambler.ru

**Semenyutina A.**

*Doctor with-agricultural sciences., All-Russian Research Institute of agroforestry, Volgograd*

**e-mail** : vnialmi@yandex.ru

**Semykina N.**

*PhD., Associate Professor, VPO "Tver State University"*

**e-mail** : semykina.tversu@yandex.ru

**Shalaev A.**

*The expert in the field of industrial safety of "Gormash-Yul"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

**Shileyeva A.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

**Shlychkov D.**

*Head of laboratory*

**e-mail** : oreshkin.alexandr@mail.ru

**Sokolov A.**

*Post-graduate student, Academy of Life and Environmental Sciences, Simferopol*

**e-mail** : Artios@yandex.ru

**Spasova N.**

*Institute for Advanced Training of Physicians, Cheboksary*

**e-mail** : michels2@rambler.ru

**Starodubcev A.**

*General Director of LLC "TSDKNHO", Moscow*

**e-mail** : staralex7706@gmail.com

**Syachin M.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

**Tereshkin A.**

*Candidate of agricultural sciences, a., Head of the department of "Landscape gardening and landscaping," Saratov Agricultural University. NI Vavilov"*

**e-mail** : vnialmi@yandex.ru

**Tretiak D.**

*Expert of the Uniform system of conformity assessment in the coal industry*

**e-mail** : gormash-ul@yandex.ru

**Yushkov A.**

*Senior specialist, LLC "Promtehmontag", Volgograd*

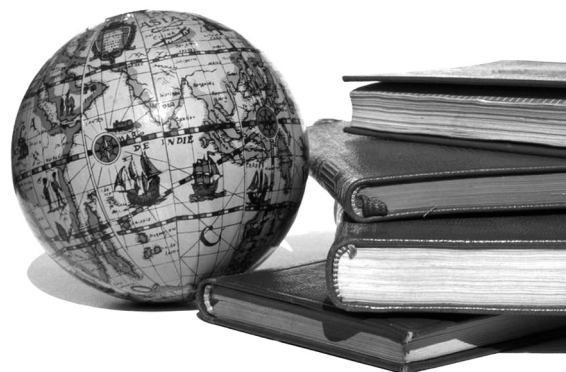
**e-mail** : oreshkin.alexandr@mail.ru

**Zyuhin A.**

*The expert in the field of industrial safety of "Center of technical diagnostics"*

**e-mail** : eamogilevtcev@gm.stalmail.ru

## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS



## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" ( e-mail: redaktor@nauteh.ru ).