

ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

LIV Международная научная конференция
"Техноконгресс"

**Сборник статей
международной
естественнонаучной
конференции
с публикацией в НЭБ elibrary.ru**

t-nauka.ru



Кемерово 2020

СБОРНИК СТАТЕЙ ПЯТЬДЕСЯТ ЧЕТВЕРТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОКОНГРЕСС»

17 февраля 2020 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISBN 978-5-6040934-2-9

Кемерово УДК 378.001. Сборник статей студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. По результатам LIV Международной научной конференции «Техноконгресс», 17 февраля 2020 г. www.t-nauka.ru / Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зими́на Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Кемерово 2020

В сборнике представлены материалы докладов по результатам научной конференции.

Цель – привлечение студентов к научной деятельности, формирование навыков выполнения научно-исследовательских работ, развитие инициативы в учебе и будущей деятельности в условиях рыночной экономики.

Для студентов, молодых ученых и преподавателей вузов.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Подписано в печать 17.02.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 3.2. | Тираж 300.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Оглавление

1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ РСУ.....	2
Бизюкова Е.Е., Яковлева А.Е., Шамшура Д.С.	
2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПЕРСОНАЛА И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ.....	6
Бизюкова Е.Е., Яковлева А.Е., Шамшура Д.С.	
3. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЯГРИЗНЫХ И РОДНИКОВЫХ ВОД НАХЧЫВАНСКОЙ АВТНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	10
Мамедова Ф.С., Гулиев Р.Я., Махмудова Н.В., Ибрагимова Л.Н.	
4. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ.....	17
Құрмашев Б., Исмагулова С.М., Сахашева Д.А.	

Бизюкова Елизавета Евгеньевна

Bizyukova Elizaveta Evgenievna

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий

E-mail: lizaveta5.6@mail.ru

Яковлева Анастасия Евгеньевна

Yakovleva Anastasia Evgenievna

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий

E-mail: nastya-yakovleva-97@mail.ru

Шамшура Даниил Сергеевич

Shamshura Daniil Sergeevich

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий

УДК 004.41

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ PCSY

RATIONALE FOR CHOOSING A CONTROLLER FOR THE DCS SYSTEM

Аннотация: В архитектуре АСУ ТП контроллеры занимают место между уровнем датчиков и исполнительных механизмов и системами верхнего уровня управления процессом. Основная функция контроллеров в системе – сбор, обработка и передача на верхний уровень первичной информации, а также выработка управляющих воздействий, согласно с запрограммированными алгоритмами управления и передача этих воздействий на исполнительные механизмы. Поэтому выбор контроллера для каждого технологического процесса является одной из самых главных задач, определяющих быстродействие системы, а также качество ее работы. В данной статье описывается обоснование выбора контроллера для системы PCSY.

Abstract: In the automated control system architecture, controllers occupy a place between the level of sensors and actuators and the top-level process control systems. The main function of the controllers in the system is to collect, process and transmit primary information to the upper level, as well as to develop control actions in accordance with the programmed control algorithms and transfer these actions to the Executive mechanisms. Therefore, the choice of a controller for each process is one of the most important tasks that determine the system's performance, as well as the quality of its operation. This article describes the rationale for choosing a controller for the DCS system.

Ключевые слова: АСУ ТП, контроллер, система PCSY, модули, ПЛК, система ввода вывода.

Keywords: APCS, controller, DCS system, modules, PLC, I / o system.

Программируемый контроллер SIMATICS7-400H разработан для построения систем автоматического управления, отличающихся повышенной надежностью функционирования. Наличие резервированной структуры позволяет продолжать работу в случае возникновения одного или нескольких отказов в его компонентах. Как правило, такие системы управляют производствами, простой которых вызывает большие экономические потери.

Программируемые контроллеры S7-400F/FH предназначены для построения систем автоматике безопасности и противоаварийной защиты, в которых возникновение отказов не влечет за собой появление опасности для жизни обслуживающего персонала и не приводит к загрязнению окружающей природной среды. SIMATICS7-400 является универсальным контроллером. Он отвечает жестким требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Установка и замена модулей контроллера может производиться без отключения питания (“горячая

замена”). Система автоматизации S7-400 имеет модульную конструкцию. Она может комплектоваться широким спектром модулей, устанавливаемых в монтажных стойках в любом порядке.

Система включает в свой состав:

- Модули блоков питания (PS): используются для подключения SIMATIC S7-400 к источникам питания 24/ 48/ 60/120/ 230В или —120/ 230В.

- Модули центральных процессоров (CPU): в составе контроллера могут использоваться центральные процессоры различной производительности. Все центральные процессоры оснащены встроенными интерфейсами PROFIBUS DP. При необходимости, в базовом блоке контроллера может быть использовано до 4 центральных процессоров.

- Сигнальные модули (SM): для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

- Коммуникационные модули (CP): для организации последовательной передачи данных через RS-485 интерфейс, а также обмена данными через промышленные сети PROFIBUS Industrial Ethernet.

- Функциональные модули (FM): для решения специальных задач управления, к которым можно отнести счет, позиционирование, автоматическое регулирование и т.д. При необходимости в составе S7-400 могут быть использованы:

- Интерфейсные модули (IM): для связи базового блока контроллера со стойками расширения. К одному базовому блоку контроллера SIMATIC S7-400 может подключаться до 21 стойки расширения.

- Модули SIMATIC S5: все модули ввода-вывода контроллеров SIMATIC S5-115U/-135U/155U могут устанавливаться в соответствующие стойки расширения SIMATIC S5. Кроме того, модули специального назначения IP и WF используются как в стойках SIMATIC S5 так и в базовом блоке контроллера SIMATIC S7-400. В последнем случае подключение модулей к внутренней шине контроллера S7-400 выполняется через адаптер.

Простота конструкции S7-400 существенно повышает его эксплуатационные характеристики:

- Простота установки модулей. Модули устанавливаются в свободные разъемы монтажных стоек в произвольном порядке и фиксируются в рабочих положениях винтами. Фиксированные места занимают только блоки питания, первый центральный процессор и некоторые интерфейсные модули.

- Внутренняя шина, встроенная в монтажные стойки. Во все монтажные стойки встроена параллельная шина (P-шина) для скоростного обмена данными с сигнальными и функциональными модулями. Все стойки, за исключением ER1 и ER2 имеют последовательную коммуникационную шину (K-шину) для скоростного обмена большими объемами данных с функциональными модулями и коммуникационными процессорами.

- Механическое кодирование фронтальных соединителей, исключающее возможность возникновения ошибок при замене модулей.

- Фиксированная монтажная глубина: все фронтальные соединители и винтовые проводники располагаются в специальных отсеках модулей и закрываются дверцами. Все модули имеют одинаковую монтажную глубину.

Система ввода-вывода программируемого контроллера S7-400 может включать в свой состав две части: систему локального и систему распределенного ввода-вывода. Система локального ввода-вывода образуется модулями, устанавливаемыми в монтажные стойки контроллера удаленные друг от друга на расстояние до 3 м. В простейшем случае система локального ввода-вывода включает в свой состав только модули, установленные в базовый блок контроллера. Система распределенного ввода-вывода может включать в свой состав:

- Модули S7-400 и S5, устанавливаемые в монтажные стойки S7-400 и S5, удаленные от базового блока на расстояние до 605 м.

- Станции распределенного ввода-вывода и приборы полевого уровня, подключаемые к контроллеру через сеть PROFIBUS DP.

- Станции распределенного ввода-вывода и приборы полевого уровня, подключаемые к контроллеру через сеть PROF IN ET.

Распределенные конфигурации ввода-вывода на основе PROFIBUS DP рекомендуется использовать в случаях размещения оборудования на больших площадях. К одному встроенному

интерфейсу PROFIBUS-DP центрального процессора может подключаться линия с 125 сетевыми узлами. Максимальное расстояние между базовым блоком и последним MOM распределенного ввода-вывода может достигать нескольких сотен километров (через оптоволоконный кабель) или 10 км (при использовании экранированной витой пары).

PCU блока выделения БСФ создается на базе контроллера S7-400H. Резервированная S7-400H развивает концепции построения систем управления повышенной надежности. Надежность системы поддерживается операционной системой и аппаратными средствами центрального процессора CPU414-4H или CPU417-4H. Контроллер продолжает свою работу при возникновении одного или нескольких отказов в различных системы. Программируемый контроллер S7-400H предназначен для автоматизации:

- процессов с высокими затратами на перезапуск системы в результате отказа контроллера;
- процессов с высокой стоимостью простоя;
- процессов, в которых используются дорогостоящие материалы;
- необслуживаемых процессов;
- процессов с ограниченным количеством обслуживающего персонала.

Применение контроллера S7-400H позволяет получить целый ряд преимуществ:

– Прозрачное программирование. Программы могут быть написаны на всех доступных S7-400 языках. Программа, написанная для обычного центрального процессора, может выполняться и центральным процессором резервированного контроллера и наоборот. При написании программы учитываются только технологические особенности объекта управления. Вопросы повышения надежности функционирования системы решаются операционной системой и аппаратной частью контроллера. Дополнительное программное обеспечение необходимо только для конфигурирования резервированной системы.

– Стандартная обработка данных. С точки зрения пользователя в контроллере S7-400H есть только один центральный процессор и одна программа.

– Быстрое безударное переключение с ведущего на ведомый процессор с типовым временем переключения не более 100 мс. На период переключения операционная система исключает возможность потери данных или сигналов прерываний.

– Автоматическая синхронизация центральных процессоров после замены одного из них. После замены одного из центральных процессоров предусмотрено выполнение автоматической безударной синхронизации с передачей в память включенного в работу процессора всех текущих данных (программы, блоков данных, динамических данных и тд.).

SIMATIC S7-400H включает в свой состав:

– 2 базовых блока: на основе двух стандартных монтажных стоек UR1/UR2 или на основе одной монтажной стойки UR2-H с двумя независимыми секциями внутренней шины.

– 2 модуля синхронизации на один центральный процессор для связи базовых блоков контроллера по оптоволоконной линии связи. 2 оптоволоконных кабеля для установки синхронизирующих соединений.

– 1 центральный процессор CPU417-4H/ CPU414-4H на каждый базовый блок контроллера.

– Модули ввода-вывода S7-400 в каждом базовом блоке контроллера (при необходимости).

– Стойки расширения UR1/UR2/ER1/ER2 и/или станции распределенного ввода-вывода ET 200M с модулями ввода-вывода.

Основным принципом построения программируемого контроллера S7-400H является принцип горячего резервирования с поддержкой безударного автоматического переключения на резервный базовый блок в случае отказа ведущего базового блока. В случае возникновения отказа все функции управления принимает на себя исправный базовый блок контроллера. Несколько типов центральных процессоров различной производительности широкий спектр модулей с множеством встроенных функций существенно упрощают разработку систем автоматизации на основе SIMATIC S7-400. Если алгоритмы управления становятся более сложными и требуют применения дополнительного оборудования, контроллер позволяет легко нарастить свои возможности установкой дополнительного набора модулей.

Библиографический список:

1. Основы построения АСУТП: учеб., пособие: Энергоиздат, 1982-352с
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования
3. [Васильев А.Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений](#)
Серия: Учебное пособие Издательство: ВНУ Год издания: 2008 г.
4. www.siemens.ru

Бизюкова Елизавета Евгеньевна
Bizyukova Elizaveta Evgenievna

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий
E-mail: lizaveta5.6@mail.ru

Яковлева Анастасия Евгеньевна
Yakovleva Anastasia Evgenievna

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий
E-mail: nastya-yakovleva-97@mail.ru

Шамшура Даниил Сергеевич
Shamshura Daniil Sergeevich

Студентка магистратуры Самарского государственного технического университета института автоматике и информационных технологий

УДК 331.45

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПЕРСОНАЛА И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ
ОБОРУДОВАНИЯ**

**MEASURES FOR THE PROTECTION OF PERSONNEL AND SAFE OPERATION OF
EQUIPMENT**

Аннотация: Предприятия нефтегазового комплекса, осознавая потенциальную опасность возможного негативного воздействия своей технологически сложной деятельности на жизнь и здоровье работников, регулярно проводят мероприятия с целью минимизировать риски и предотвратить угрозы возникновения аварий, инцидентов, производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников. Развитие нефтегазовых предприятий основано на создании безопасных условий труда, обеспечении высокого уровня надежности, промышленной и экологической безопасности.

Abstract: oil and gas companies, aware of the potential danger of possible negative impact of their technologically complex activities on the life and health of employees, regularly conduct activities to minimize risks and prevent threats of accidents, incidents, industrial injuries and occupational diseases of employees. The development of oil and gas companies is based on creating safe working conditions, ensuring a high level of reliability, industrial and environmental safety.

Ключевые слова: бензолсодержащая фракция, взрывопожароопасная зона, охрана труда, техника безопасности.

Keywords: benzene-containing fraction, explosion-and-fire zone, labor protection, safety.

Анализ опасностей, возникающих при ведении процесса выделения бензолсодержащей фракции из риформата

Блок выделения бензолсодержащей фракции по количеству и наличию взрывоопасных и пожароопасных веществ является опасным производственным объектом. Процесс относится к вредным для здоровья обслуживающего персонала, так как обращающиеся вещества являются токсичными (II, IV класс опасности). При ведении процесса выделения бензолсодержащей фракции из риформата возникает ряд опасных факторов производства:

1. Подвижные части производственного оборудования: насосов, вентиляторов, холодильников.
2. Ведение процесса при высоких давлениях и температурах:
 - колонна К-200 (P=0,46 МПа (4,6 кг/см²); T=190 °C);
 - емкость Е-200 (P=0,7 МПа (7,0 кг/см²); T=125 °C);
 - печь П-200 (P=0,36 МПа (3,6 кг/см²); T=750 °C).
3. Стабильный катализатор (сырье):
 - бензолсодержащая фракция 62-85 °C;

- легкий бензин фракция НК-62 °С;
- тяжелый бензин фракция 85-105 °С;
- пары бензина.

4. Наличие электрического тока в сетях.

Технологические сооружения и наружная аппаратура, входящие в состав блока, относятся к сооружениям с взрывоопасной зоной класса В-1 г.

Основными потребителями электроэнергии являются:

- электродвигатели насосов, холодильников, вентиляторов и задвижек;
- светильники внутреннего и наружного освещения;
- нагрузки КИПиА и связи.

Рабочее напряжение силовых электроприёмников 380/220В. Распределение электроэнергии между электропотребителями блока предусматривается от следующих распределительных устройств, устанавливаемых в помещении ТП-8б:

– двухтрансформаторной подстанции (КТПП) 6/0,4 кВ с мощностью трансформаторов по 1600 кВА каждый;

- от щитов 0.4 кВ, 1Щ, 2Щ, 3Щ и ЩОГ.

5. Работы на высоте при обслуживании колонны $H_{\text{тах}} = 5 / 0,238\text{м}$.

6. Работы в колодце.

Мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение процесса

Для обеспечения безопасного ведения процесса выделения бензолсодержащей фракции из риформата предусмотрены следующие мероприятия:

- все технологическое оборудование выбрано путём технологических требований;
- технологическое оборудование, в основном, размещено на открытой площадке, чем обеспечивается более безопасная работа установки;
- предусмотрена комплексная автоматизация технологического процесса с выносом информации о параметрах, характеризующих безопасную работу оборудования, в операторную;
- для обеспечения безопасной и безаварийной работы блока выделения бензолсодержащей фракции на колонне и емкостях предусматривается установка двух измерителей уровня с отдельными точками отбора;
- предусмотрена противоаварийная автоматическая защита топчного пространства печи;
- предусмотрена система блокировок и сигнализаций;
- возможность отсечения аварийного блока (блок выделения бензолсодержащей фракции выделен в отдельный блок I категории);
- предусмотрена факельная система (включающая в себя установку на каждом аппарате рабочего и резервного предохранительного клапана с блокировочными устройствами, а также сброс в единую факельную систему).

Так как технологический процесс выделения БСФ является взрывопожароопасным, то используемые средства автоматизации выполнены во взрывозащищенном исполнении для категорий и групп взрывоопасных смесей, характеризующих процесс.

Колонна ректификации К-200 оснащена средствами контроля и автоматического регулирования уровня и температуры жидкости в кубовой части, температуры поступающей на разделение продукта и флегмы, а также средствами сигнализации об опасных отклонениях значений параметров, определяющих взрывобезопасность процесса; давление вверху колонны регистрируется прибором поз. PIRCA-1222 и регистрируется изменением частоты оборотов вентиляторов ХЗ-200/1,2,3. Температура вверху колонны регистрируется прибором поз. TIRCA-1122 и корректируется по расходу острого орошения клапаном поз. FCV-1304. С глухой тарелки колонны К-200 бензолсодержащая фракция забирается насосом Н-202/1,2, прокачивается через аппарат воздушного охлаждения ХВ-201, водяной холодильник Х-202/1,2 и выводится с установки в парк. Уровень на глухой тарелке замеряется и регистрируется приборами поз. LIRCA-1406, LSA-1405. При достижении предельно минимального уровня на глухой тарелке (поз. LSA-1405) происходит блокировка насоса Н-202/1,2. Температура на глухой тарелке замеряется и регистрируется прибором поз. TIRA-1198. Температура в кубе колонны К-200 замеряется и регистрируется прибором поз. TIRA-1123. Перепад давления по высоте колонны регистрируется прибором поз. PDIR-1220. Уровень

в кубе колонны замеряется, регистрируется прибором поз. LIRCA-1407, LSA- 1408. При понижении уровня до предельно минимального (поз. LSA-1408) происходит блокировка насоса Н-203/1,2.

На каждом аппарате (колонна, емкости) предусматривается установка резервного и предохранительного клапана с блокировочными устройствами, со сбросом в единую факельную систему. Территория блока извлечения бензолсодержащей фракции из риформата имеет твердое покрытие.

Сырьевая емкость Е-201, холодильники, колонна БСФ огорожены бортиком высотой 0,3 м. Вокруг факельной емкости Е-206 предусмотрена отбортовка бордюром камнем высотой 0,15 м. Для предотвращения загрязнения почвы огороженная бортиком территория покрывается облегченным бетоном с уклоном в сторону дождеприемных колодцев, с отводом в промливневую канализацию.

Тепловая изоляция проектируется в целях уменьшения тепловых потерь в окружающей среде, поддержания заданной температуры продукта, а также исходя из требований охраны труда и техники безопасности. Для уменьшения тепловых потерь толщина основного слоя изоляции определяется по нормам тепловых потерь согласно СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов». Толщина и тип теплоизоляции аппаратов выбраны с учетом температуры среды в аппарате и климатических условий.

Исходя из требований охраны труда и техники безопасности, температура на поверхности теплоизоляционных конструкций, расположенных в рабочей или обслуживаемой зоне помещений, не должна превышать 45 °С и 55 °С при металлическом покровном слое или 60 °С при других видах покровного слоя, при расположении теплоизоляционных конструкций на открытом воздухе. В качестве материала теплоизоляционного слоя для трубопроводов используется пенополиуретан, для оборудования - плиты теплоизоляционные минераловатные на синтетическом связующем плотностью от 50 до 125 кг/м³. В целях защиты от коррозии трубопроводов, металлических поверхностей оборудования предусмотрена окраска под изоляцию лаком БТ-577 ГОСТ 5631-79 за 2 раза. Для защиты от механических повреждений воздействия окружающей среды покровным слоем для трубопроводов и оборудования служат листы и ленты из алюминия и алюминиевых сплавов толщиной 0,5 и 1,0 мм.

Требования охраны труда во время работы

1. На проведение работ в технологических колодцах, лотках, трубопроводах по оформленному наряду-допуску на проведение работ повышенной опасности назначаются:

- не менее трех человек - при работе в колодцах, из которых двое должны находиться на поверхности и постоянно наблюдать за работающим внутри;
- не менее двух человек - при работе в лотках и на трубопроводах.

2. Работы в технологических колодцах и лотках необходимо производить при наличии у работников шланговых противогазов ПШ-1, ляпочных предохранительных поясов и страховочных веревок. Конец страховочной веревки от спасательного пояса работающего в технологическом колодце должен находиться в руках наблюдающего. Одному из наблюдающих при проведении работ в технологическом колодце необходимо иметь противогаз.

3. Лотки и колодцы на трубопроводах следует содержать в чистоте, регулярно очищать. Не допускается скопление в них нефтепродуктов.

4. Крышки колодцев должны легко открываться специальными крюками, изготовленными из неискрообразующего материала. Не допускается применять для открытия и закрытия крышек колодцев и трубопроводной арматуры ломы, трубы и т.п., которые могут вызвать искру.

5. Задвижки, краны, вентили следует открывать и закрывать плавно во избежание гидравлического удара и аварии трубопровода.

6. На неработающих трубопроводах задвижки необходимо закрыть.

7. Не удалять пробки, образовавшиеся в трубопроводах, стальными и другими приспособлениями, которые могут вызвать искрообразование от трения или ударов об трубу.

8. Не допускается ведение каких-либо работ по ремонту трубопроводов и запорной арматуры во время перекачки нефтепродуктов.

9. После монтажа или ремонта трубопровод следует продуть или промыть для удаления грязи, окалины и посторонних предметов.

10. В случае образования ледяной пробки в трубопроводе:

- произвести наружный осмотр замороженного участка, чтобы убедиться в отсутствии разрывов и установить границы образования ледяной пробки;
- отключить трубопровод от общей системы;
- отогрев ледяной пробки начинать вести с концов замерзшего участка;
- не допускается отогревать замороженный участок в лопнувшем трубопроводе до его отключения.

Библиографический список:

1. Классификация опасных производственных объектов // URL: <http://technoconsgroup.ru/promyshlenny-konsalting/157-klassifikaciya-opasnyh-proizvodstvennyh-obektov.html>
2. Инструкция по охране труда // URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/166/149120/

Мамедова Физза Садых Кызы
Mammadova Fizza Sadikh

Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван). E-mail: fizze.mammadova@mail.ru

Гулиев Рафиг Якуб Оглы
Quluyev Rafiq Yaqub

Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван)

Махмудова Назиля Векил Кызы
Mahmudova Nazila Bekil

Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван)

Ибрагимова Лейла Надир Кызы
Ibrahimova Leyla Nadir

Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван)

УДК 546.06.504-43

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЯГРИЗНЫХ И РОДНИКОВЫХ ВОД НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

HYDROECOLOGICAL FEATURES OF THE KYAGRIZ AND SPRING WATERS OF THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Аннотация: В статье рассмотрен комплекс актуальных гидроэкологических и гидрохимических проблем - оценка эксплуатационных ресурсов кягризных и родниковых вод для водоснабжения и орошения. Происхождение кягризов и родников, их химический состав и экологическое состояние даются на фоне общих гидрогеологических условий Нахчыванской Автономной Республики. Проанализирован ряд кягризных и родниковых вод, взятых из разных частей территории, систематизированы и табулированы результаты. Для всех образцов воды определена степень минерализации, жесткость, количество ионов магния, кальция, сумма натрия и калия, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и pH среды. В сравнении изучены дебит, компонентный состав и диагностика ресурсных потенциалов кягризных и родниковых вод в различных частях автономной республики, результаты некоторых из них приведены по формуле Курлова.

Abstract: The article considers a set of topical hydroecological and hydrochemical problems - an assessment of the operational resources of kyagris and spring waters for water supply and irrigation. The origin of kyagris and springs, their chemical composition and ecological status are given against the background of the general hydrogeological conditions of the Nakhchivan Autonomous Republic. A number of kyagris and spring waters taken from different parts of the territory are analyzed, the results are systematized and tabulated. For all water samples, the degree of mineralization, hardness, the amount of magnesium, calcium ions, the sum of sodium and potassium, bicarbonates, chlorides, sulfates and pH of the medium are determined. In comparison, the flow rate, component composition and diagnostics of the resource potentials of kyagris and spring waters in various parts of the autonomous republic were studied, the results of some of them are given by the Kurlov formula.

Ключевые слова: кягризные и родниковые воды, гидроэкологические характеристики, гидрохимические показатели, степень минерализации, формула Курлова

Keywords: kyagris and spring waters, hydroecological characteristics, hydrochemical indicators, degree of mineralization, Kurlov's formula

Нахчыванская Автономная Республика занимает южную часть Кавказского перешейка и расположена между 38°51' - 39°52' с.ш. и 44°37' - 46°13' в. д., на оконечностях юго-западных склонов

Малого Кавказа. С севера и северо-запада границы проходят по водоразделам Зангезурского и Даралаязского горных хребтов, и по северо-восточному склону отрогов Агманганского хребта (по Союгдагу) она примыкает к Армении; с юга и юго-запада республика граничит по реке Араз с Ираном, а также с Турцией (15 км) [1]. В гидрогеологическую область автономной республики входят Садаракская, Шарурская равнины, Кенгерлинское плоскогорье, Беюкдюзская, Нахчыванчайская, Джульфа-Ордубадская наклонные равнины. Основными источниками питания подземных вод на территории являются левые притоки реки Араз: Арпачай, Нахчыванчай, Алинджачай, Гарадере, Гиланчай, Венендчай, Ордубадчай и другие источники воды.

Кягрзные и родниковые воды, в зависимости от климатических и термодинамических условий, состава горных пород и т. д. создают довольно сложный экогеографический и физико-химический режим [2]. По словам В.И. Вернадского, если даже природные воды создают динамическую систему, в которой все компоненты, а также молекулы воды постоянно движутся, но ее главная особенность остается неизменной. Впервые он принял формирование подземных вод в сложной движущейся системе порода-вода-газ-живой мир. Грунтовые воды являются фундаментальным сегментом водных ресурсов Земли. Они составляют около 25 % общего объема пресной воды планеты, в то время, как поверхностные воды, хранящиеся в реках, озерах и почвенной влаге менее 1 %. Грунтовые и поверхностные воды часто тесно взаимосвязаны, поэтому, когда поверхностные воды загрязняются, грунтовые воды также могут быть подвержены загрязнению [4]. На территории автономной республики по состоянию на 06.01.2017-01.01 2019 г. (последние данные) выявлено 376 участков загрязнения подземных вод, в том числе 211 участков связаны с загрязнением подземных вод на водозаборах питьевого и хозяйственно-бытового назначения. Результаты проведенных исследований убеждают в том, что эффективное решение гидроэкологических проблем в данном регионе возможно только на основе систематического использования, управления и оценки подземных водных ресурсов. Ионно-солевой комплекс подземных вод состоит из макро и микрокомпонентов, радиоактивных элементов [3]. Кроме того, как и во всех природных водах, в кягрзных и родниковых водах также содержатся органические вещества, микроорганизмы, растворенные газы, коллоидные и механические смеси. Подземные воды на путях своего движения соприкасаются с разнообразными горными породами и при взаимодействии с ними обогащаются многими химическими соединениями [5]. Под химическим составом воды обычно понимают состав растворенных в воде веществ. В подземных водах найдено более 60 химических элементов в виде ионов, недиссоциированных молекул различных солей, коллоидов минерального и органического происхождения, газов. Главными в природных водах являются шесть ионов, к которым относятся три аниона: хлор Cl^- , сульфат SO_4^{2-} и гидрокарбонат HCO_3^- , и три катиона: натрий Na^+ , кальций Ca^{2+} и магний Mg^{2+} . Сочетание преобладающих в растворе ионов характеризует химический состав подземных вод (гидрокарбонатно-кальциевый, хлоридно-натриевый и т. д.). Суммарное содержание в воде растворенных ионов, солей и коллоидов называется минерализацией воды. Она обычно выражается в граммах на один литр раствора (г/л).

Экспериментальная часть

Для всех образцов воды определена степень минерализации, жесткость, количество ионов магния, кальция, сумма натрия и калия, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и pH среды [5]. Общая жесткость воды определена титрованием пробы исследуемой воды раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора кислотного хрома темно-синего в среде аммиачного буферного раствора. Кальций и магний определены титрованием раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора мурексида (для Ca^{2+}) и эриохрома черного Т (для Mg^{2+}) в среде аммиачного буферного раствора. Количество ионов хлорида определялось параллельно двумя способами – растворами $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ и AgNO_3 с использованием дифенилкарбазона и хромата калия в качестве индикаторов, а количество HCO_3^- ионов определено титрованием стандартным раствором 0,1 N HCl пробы воды [6]. Образовавшуюся хромовую кислоту определяют йодометрически, оттитровывая выделившийся йод гипосульфитом. Количество ионов Cl^- , HCO_3^- рассчитано по формуле $X = N \cdot V \cdot E_A / 1000 V_A$. В этой формуле N и V – нормальность титранта и объем, израсходованный на титрование (мл), E_A и V_A – эквивалент определяемого компонента и объем, взятый для анализа (мл), V – объем раствора, предусмотренный для анализа (мл) [7]. Определение количества сульфат-иона проводилось в процессе титрования в присутствии ализаринового красного S с раствором BaCl_2 в метанольной среде. Общая степень минерализации определена с помощью взвешивания на аналитических весах сухой массы, полученной после испарения пробы воды

объемом 100 мл.

Результаты и их обсуждение

Объектом исследования являются уникальные водопроводные системы – кягризы и родниковые воды, расположенные в различных частях Нахчыванской Автономной Республики, совмещающие водопровод и систему орошения. Несмотря на то, что в Нахчыванской АР вырыто достаточное количество субартезианских колодцев, которые так и не смогли вытеснить кягризы, что в свою очередь играет решающую роль в обеспечении населения пресной водой.

Таблица 1. Запасы подземных вод и сравнительная оценка их эксплуатации

Наименование районов	Ресурсы воды	Используемые воды кягризов			Используемые воды субартезиан. колодцев		Сумма	
		Раньше	В настоящее время	Разница, + -	Раньше	В настоящее время	млн.м ³	%
	млн.м ³ /Г од	млн.м ³	млн.м ³	млн.м ³	млн.м ³	млн.м ³	млн.м ³	%
Кенгерли	75,19	32,57	14,7	-17,89	0	1,090	15,79	21
Ордубад	41,53	17,87	6,87	-11,0	0	0,522	7,39	17,8
Бабек	32,88	26,28	7,31	-18,97	0	3,420	10,73	32,6
Джюльфа	18,80	5,62	2,63	-2,99	0	1,283	3,91	2,1
Шарур	149,50	1,29	0,33	-0,96	0	37,030	37,36	25
Шахбуз	8,73	2,21	1,16	-1,05	0	0,583	1,74	20
Садарак	–	–	–	-	0	11,592	11,59	36,9
Сумма	358,0	85,84	33,0	-52,84	0	55,520	88,52	24,7

Как видно из таблицы, в Автономной Республике потребление воды в кягризе по сравнению с предыдущим периодом уменьшилось на 1733,7 л/с или 44,16%.

В связи с малым уклоном, поверхность Приарзской равнины, общая протяженность туннелей кягризов составляет 1000 м, а в некоторых случаях превышает даже 2000 м. На территории с малым уклоном в районах Кенгерли, Бабек, Ордубад и Шахбуз, протяженность туннелей короткая. Эти кягризы, обладая высоким дебитом, позволяют орошать огромные площади посевов.

В пресных водах обычно доминирует гидрокарбонатно-кальциевая группа. Чтобы определить общее положение подземных вод, необходимо изучить их физические свойства: температуру, запах, вкус, цвет, прозрачность, зависимость рН, которые определяют кислотность воды; вместе с плотностью общую и карбонатную жесткость, сухой остаток, химический состав компонентов: свободные CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Na⁺+K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺. Был определен уровень минеральности и жесткость, количество ионов кальция, магния, гидрокарбоната, хлорида, сульфата, натрия и калия в образцах; концентрация этих компонентов в воде была выражена в мг-экв/л.

Анализ воды 25 источников поселка Гывраг показывает, что степень минерализации в этих водах составляет 0,85-1,35 мг, жесткость 9,0-14,0 мг-экв/л, содержание ионов сульфата 1,0-2,0 мг-экв/л. Эти показатели более отчетливо проявляются в кягризе Худавердибей (Двойные озера): 1,3 г/л, 14,4 мг-экв/л и 1,51 SO₄²⁻ мг-экв/л.

Анализ образцов 111 водных источников Кенгерлинского района показал, что кягрзные воды в селе Гывраг отличаются наличием иона сульфата, имеющего сравнительно жесткую и высокую минерализацию, чем воды в селах Шахтагы, Юрдчу, Хок.

Хотя кягрзные воды сел Демирчи и Ахура имеют среднюю степень минерализации (0,4-0,8 г/л), они сосредоточены в значительных количествах сульфат-иона (0,7-5,0 мг-экв/л).

Идея формирования не менее 93-95% содержания соли в природных водах из гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов и катионов, нейтрализующих их, еще раз подтверждается результатом этих экспериментов [3]. Так как не требуется анализ других микроэлементов (Br, J, B и т. д.), которые вероятно не встречаются в водах, исследования в этом направлении не проводились. Наличие сульфат-ионов в большей части вод следует рассматривать, скорее всего, как результат взаимодействия этих вод с гипсом и ангидридом. Наблюдается изменение соотношения рН вод в диапазоне от 7,0 до 7,5. Поскольку количество ионов хлорида определяет солоноватость воды, то воды, в которых наблюдается высокая концентрация этого иона, отличаются от других соленостью [8]. Кягрзная вода села Гаджиният относится к таким видам вод.

Химический состав некоторых анализируемых образцов воды этих источников, сгруппированных по районам, приведен в таблице 2. В таблицах минеральность воды выражена в г/л, жесткость и значения компонентов в мг-экв/л. Единицы измерения величин, указанные в первой строке, выражены в мг/л, а единицы измерения величин во второй строке-в мг-экв/л.

Таблица 2. Результаты химического анализа некоторых источников вод на территории автономной республики

Источник	Единица измерения	Минеральность	Жесткость	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
Чалхангала, Алескер к.	мг/л	586,4		378,2	22,56	40,34	74,15	40,13	18,4
	мг-экв/л		7,0	6,2	0,47	1,13	3,7	3,3	0,8
Чалхангала, Бадам к.	мг/л	545,6		366,0	–	40,34	68,1	31,6	26,45
	мг-экв/л		6,0	6,0	–	1,13	3,4	2,0	1,15
Чалхангала, Баш булаг	мг/л	424,4		231,8	–	73,3	44,09	21,80	42,5
	мг-экв/л		4,0	3,8	–	2,06	2,2	1,8	1,85
Чалхангала, Азер гель	мг/л	606,5		427,0	–	29,34	78,15	37,7	23,0
	мг-экв/л		7,0	7,0	–	0,89	3,9	3,1	1,0
Чалхангала, Фаррух к.	мг/л	508,4		329,4	–	44,02	56,11	24,32	42,55
	мг-экв/л		4,8	5,4	–	1,24	2,8	2,0	1,55
Чалхангала, Гафар к.	мг/л	840,4		469,7	84,0	66,0	96,19	48,64	
	мг-экв/л		8,8	7,7	1,75	1,86	4,8	4,0	
Чалхангала, Шам булаг	мг/л	356,4		219,6	–	44,01	42,08	18,24	28,75
	мг-экв/л		3,6	3,6	–	1,24	2,1	1,5	1,25
Чалхангала, Урфан булаг	мг/л	1550,3		430,2	320,2	300,8	56,11	29,18	391,0
	мг-экв/л		5,2	7,05	6,67	8,49	2,8	2,4	17,0
Йурдчу, Гайбели архасы-1	мг/л	679,8		470,6	–	52,44	75,42	44,76	34,74
	мг-экв/л		7,5	7,7	–	1,48	3,77	3,73	1,51
Йурдчу, Калба Гасан	мг/л	655,8		450,4	–	41,84	83,44	45,64	20,18
	мг-экв/л		8,0	7,38	–	1,17	4,2	3,8	0,87
Йурдчу, Аг су	мг/л	620,1		439,2	–	36,67	78,16	42,56	19,09
	мг-экв/л		7,4	7,2	–	1,03	3,9	3,5	0,83
Йурдчу, Шихали бей	мг/л	724,2		439,2	–	95,35	74,15	40,13	66,24
	мг-экв/л		7,0	7,2	–	2,68	3,7	3,3	2,88
Йурдчу, К.Керим.	мг/л	633,7		445,8	–	44,62	70,64	40,26	28,84
	мг-экв/л		6,85	7,3	–	1,26	3,5	3,35	1,25
Йурдчу, Валех к.	мг/л	700,2		490,4	–	61,83	80,42	40,6	25,20
	мг-экв/л		7,4	8,03	–	1,74	4,02	3,38	1,09

Хок, Мирзалилер	мг/л мг-экв/л	698,5	7,9	490,6 8,04	– –	40,24 1,13	98,6 4,93	35,64 2,97	30,26 1,31
Хок, Малайынгель	мг/л	702,4		488,0	–	36,67	100,2	31,61	32,89
	мг-экв/л		7,6	8,0	–	1,03	5,0	2,6	1,43
Хок, Елбулагы	мг/л	708,2		495,4	–	38,42	96,19	33,42	40,76
	мг-экв/л		7,6	8,1	–	1,08	4,8	2,8	1,77
Хок, Чайкягризи	мг/л	715,4		500,2	–	36,67	96,19	29,18	46,69
	мг-экв/л		7,2	8,2	–	1,03	4,8	2,4	2,03
Хок, Ягмурк.	мг/л	710,2		490,7	–	40,84	100,8	25,64	50,74
	мг-экв/л		7,2	8,0	–	1,15	5,04	2,13	2,2
Хок, Гачелик.	мг/л	728,6		485,8	–	42,82	96,2	30,84	65,27
	мг-экв/л		7,3	7,96	–	1,2	4,8	2,57	2,8
Хок, Исаханк.	мг/л	704,2		489,0	–	36,67	100,2	31,61	32,89
	мг-экв/л		7,6	8,0	–	1,03	5,0	2,6	1,43
Хынджаб, Элькягризи	мг/л	1296,3		390,4	307,2	227,4	202,4	74,2	69,0
	мг-экв/л		16,2	6,4	6,4	6,4	10,1	6,1	3,0
Хынджаб, Чамышбатан	мг/л	575,6		317,2	76,8	33,0	72,14	34,05	31,05
	мг-экв/л		6,4	5,2	1,6	0,93	3,6	2,8	1,35
Хынджаб, Тезе кягриз	мг/л	404,4		256,2	–	36,67	36,07	17,2	47,15
	мг-экв/л		3,2	4,2	–	1,03	1,8	1,4	2,05
Хынджаб, Карагель	мг/л	454,8		256,2	57,6	18,33	50,1	23,1	34,5
	мг-экв/л		4,4	4,2	1,2	0,52	2,5	1,9	1,5
Хынджаб, Гусейн к.	мг/л	492,6		268,4	36,43	55,0	60,12	26,75	34,5
	мг-экв/л		5,2	4,4	0,76	1,55	3,0	2,2	1,5
Хынджаб, Абыш к.	мг/л	480,6		268,4	–	73,35	36,07	19,45	71,3
	мг-экв/л		3,4	4,4	–	2,06	1,8	1,6	3,1
Хынджаб, Аллахверди	мг/л	525,5		317,2	–	64,16	42,08	20,67	73,6
	мг-экв/л		3,8	5,2	–	1,8	2,1	1,7	3,2
Шахтасты, Гырхаяг к.	мг/л	664,2		451,4	–	36,2	40,08	19,45	110,8
	мг-экв/л		3,6	7,4	–	1,02	2,0	1,6	4,8
Шахтасты, Бостангель	мг/л	724,6		512,4	следы	22,0	42,08	20,67	119,6
	мг-экв/л		3,8	8,4	–	0,62	2,1	1,7	5,2
Шахтасты, Г. Гасым к.	мг/л	718,2		488,0	–	34,8	40,08	19,45	124,2
	мг-экв/л		3,6	8,0	–	0,98	2,0	1,6	5,4
Шахтасты, Башгель	мг/л	688,4		451,4	–	40,34	36,07	17,02	115,0
	мг-экв/л		3,4	7,4	–	1,14	1,8	1,4	5,0
Шахтасты, Бойукгель	мг/л	644,6		427,0	следы	40,34	36,07	17,02	115,0
	мг-экв/л		3,3	7,0	–	1,14	1,8	1,4	5,0
Гывраг, Курбулаг	мг/л	918,8		488,0	81,2	102,7	88,17	46,21	100,51
	мг-экв/л		8,2	8,0	1,69	2,88	4,4	3,8	4,37
ГарабагларТорхуч к.	мг/л	765,4		520,4	–	42,64	110,7	38,4	40,6
	мг-экв/л		8,7	8,5	–	1,2	5,5	3,2	1,76
ГарабагларАсни к.	мг/л	610,0		414,8	–	36,67	88,17	10,46	42,09
	мг-экв/л		6,0	6,8	–	1,03	4,4	1,6	1,83
ГарабагларБайдилли к.	мг/л	735,8		503,4	–	42,4	100,2	36,5	42,4
	мг-экв/л		8,05	8,25	–	1,19	5,01	3,04	1,84
ГарабагларАлмадед к.	мг/л	760,6		520,6	–	44,01	118,7	23,46	42,32
	мг-экв/л		7,86	8,5	–	1,24	5,9	1,96	1,84

Как видно из таблиц, химический состав исследуемых источников воды на территории Нахчыванской Автономной Республики позволяет эффективно использовать их в водоснабжении. Кягризные воды Ордубадского района отличаются необычной мягкостью и низкой степенью минерализации. В отличие от других территориальных вод, в кягризных водах Ордубадского района ионы сульфата составляют меньшинство, а иногда и отсутствуют. Минерализация кягризных вод в селе Юхары Айлис колеблется от 0,36 до 0,43 г/л, жесткость - от 3,0 до 3,8 мг-экв/л. Минерализация кягризных вод в селе Ашагы Айлис увеличиваясь примерно в 2 раза, колеблется между 0,56-0,85 г/л, а жесткость - между 3,8-7,2 мг-экв/л.

Пригодность воды для посевных площадей служит улучшению продуктивности и питания с точки зрения контроля над последними мелиоративными нормами. Производство экологически чистой пищевой продукции в первую очередь зависит от соблюдения мелиоративных правил, правильного использования природных удобрений и водных ресурсов для орошения. Распределение кягризных вод по территории Автономной Республики приведено на рис.1.

Согласно этой классификации в Кенгерлинском районе зарегистрировано 142 кягриза и родников. Так как на территории этого района отсутствует речная сеть, в орошении посевных площадей широко используются воды кягризных, родниковых, а также субартезианских скважин. В Кенгерлинском районе имеется запас подземных вод 75,1 млн.м³. Кроме того, учитывая, что годовой объем родника “Асны” в верхней части территории, составит 20-25 млн.м³, можно отметить, что запасы воды этой территории составляют около 100 млн., м³.

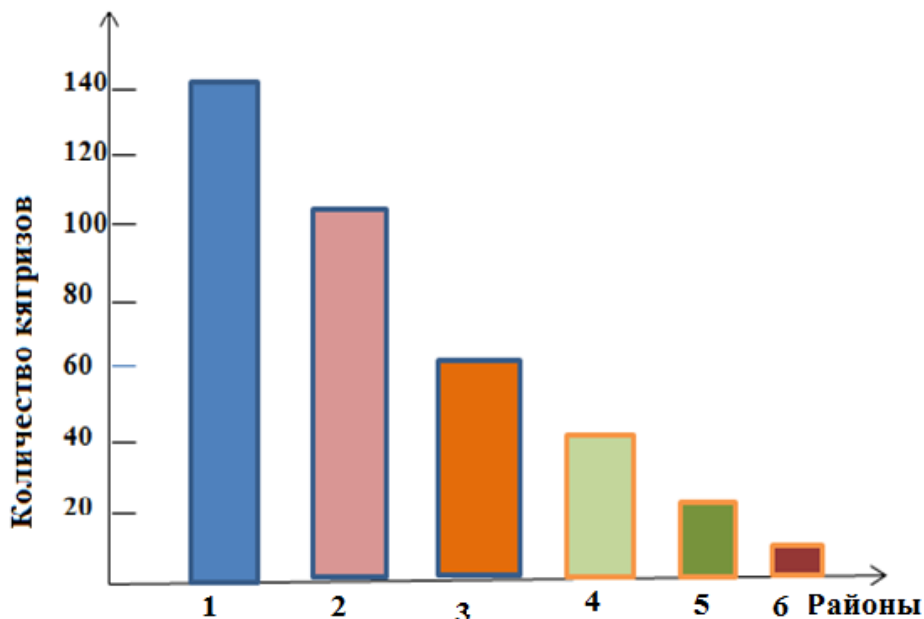


Рисунок 1. Распределение кягризов по территории Автономной республики: 1-Кенгерли, 2-Ордубад, 3-Бабек, 4-Джюльфа, 5-Шарур, 6-Шахбуз

На территории Нахчыванской Автономной Республики одним из важных полезных ископаемых являются подземные воды. Они различаются по химическому составу, в хозяйстве используются с целью снабжения питьевой водой, а также в лечебных целях и промышленности. Кягризная система водоснабжения является также одним из важных элементов градостроительства региона [9]. Имеющиеся в Нахчыване кягризы, после соответствующей реставрации, а также с использованием в некоторых случаях современных гидротехнических сооружений, значительно облегчают снабжение населения водой в настоящее время. Как отмечено, кягризы - древние источники оросительно-строительной культуры нашего края. Они, являясь памятниками-родниками, несут информацию об исторической памяти народа. Кягризы - древние системы водообеспечения в Азербайджане, были не только источниками пресной воды, но и олицетворяли культуру и историю целого народа, являлись индикаторами социально-экономических общин, передавая информацию о наиболее важных факторах развития [10,11]. Индекс Человеческого Развития (ИЧР) - являющийся сводным измерителем индикаторов по трем направлениям - долголетию, уровню образования и контролю над ресурсами. Именно в этом контексте, изучение природно-ресурсного потенциала Азербайджана, природных богатств и природно-географических областей, в частности, водных

ресурсов Нахчыванской Автономной Республики, как неотъемлемой части Азербайджана - имеет особое значение. Наряду с этим необходимо принимать всевозможные меры по охране и сохранению в городах этих драгоценных остатков прошлого. Выявление, реставрация и сохранение древних водоснабжающих устройств исторических городов Азербайджана и автономной республики является ценным вкладом в дело сохранения памятников культуры нашего народа.

Библиографический список:

1. Аббасов А., Мамедова Ф., Гейдарова Ф. Геохимия и особенности распространения природных вод в Нахчыванской Автономной Республике. Нахчыван, 2015. 286 с.
2. Гулиев А.Г. Нахчыванские кягризы // ИРС «Наследие» международный азербайджанский журнал, 2007, №3 (27), с.48-51.
3. Димакова Н. А., Шарапов Р. В. Проблема загрязнения подземных вод // Современные наукоёмкие технологии. 2013, № 2, С. 79–82.
4. Рогозин М.Ю., Бекетова Е.А. Проблемы загрязнения грунтовых вод // Молодой ученый, 2018, №25, с.1-4.
5. Пономарева В.Д., Иванов Л.И. Практикум по аналитической химии. М.:Высшая Школа, 1983, 271с.
6. Фритц Дж., Щенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978, 557 с.
7. Строганов Н.С., Бузинова Н.С. Практическое руководство по гидрохимии. 2-е изд., М.: МГУ, 1980, 196 с
8. Писарский Б.И., Хаустов А.П. Применение факторного анализа для районирования горноскладчатых областей по условиям формирования подземного стока. //Водные ресурсы, 1982, № 4, с. 69-76.
9. Guliyev A.G. The role of Iranian kankans in construction of kahriz (under ground water supply) system in Azerbaijan. / Eighth Baku international congress “Ekonomy, Ecology, Economy”, Baku, 2005, pp.549-552.
10. Kahliown M.A. and Hamilton I.R. Status and prospects of karez irrigation // resources bullietin, 1994, 30(1), P. 125-134.
11. Hasan Ali G. Qanat: A Resonsidderation of the Iranian Irrigation System // Geographical Res., Quarterly,Mashhad, Iran, 1992, Vol.23, No. 4, pp. 116-131/

**Құрмашев Бақберген, Исмагулова Салтанат Махамбетовна,
Сахашева Дария Алибековна
Kurmashev Bakbergen, Ismagulova Saltanat Makhambetovna,
Sahasheva Daria Alibekovna**

Старшие преподаватели, КазУИТС, кафедра «Общетехнических дисциплин»,
город Уральск, Республика Казахстан
E-mail: baks1990.kzu@mail.ru

УДК 624.014

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

PROBABILISTIC METHODS FOR CALCULATING FAULT-FREE OPERATION OF METAL STRUCTURES

Аннотация: В данное время общепризнано, что поведение строительных конструкций в эксплуатации определено взаимодействием полного ряда причин общей природы. По данному фактору, способы расчета строительных конструкций должны основываться на применении вероятностных методов, отображающих значение физических явлений.

Abstract: At this time it is generally accepted, That the behavior of building structures in operation is determined by the interaction of a full range of causes of a common nature. For this factor, the methods of calculating building structures should be based on the application of probabilistic methods that reflect the significance of physical phenomena.

Ключевые слова: безотказная работа; событие; запаса; вероятность.

Keywords: reliable work; event; reserve; probability.

Введение

Безотказная работа - это способность элемента сохранять свои технические характеристики в заданных условиях в начале времени эксплуатации. Продолжительность начального периода связан с многими факторами: величины расчётных коэффициентов резерва; качество изготовления; качество материалов; продолжительность и частота невыгодного сочетания нагрузок и т.п. [1].

Безотказная работа выражается безразмерной величиной, называемая вероятностный безотказный элемент P_s .

Вероятность изменяется в пределах $0 \leq P_s \leq 1$.

Безотказная работ имеет противоположное понятие - отказ, т.е. событие, при котором нарушаются функциональные качества элемента. Вероятностный отказ определяется по выражению: $Q = 1 - P_s$.

Запас несущей способности. В математическом смысле безотказности работы выражается вероятностью выполнения условий прочности либо устойчивости. Условие прочности L (либо устойчивости) представляется в виде:

$$L \leq R \rightarrow g = R - L > 0 \quad (1)$$

где g - запас несущей способности; R - сопротивление; L - нагрузочный эффект.

Актуальность: Безотказной работой строительных конструкций зданий и сооружений является самая важная характеристика обеспечения безопасности жизни людей (чем надежнее конструкции, тем лучше).

Целью данной статьи является освоение вероятностных методов вычисления безотказной работы металлических конструкций.

Основные задачи данной статьи заключаются в следующие:

1. предложить основное положение вероятности расчета металлических конструкций на безопасность;

1. произвести расчет безотказной работой металлической балки межэтажного перекрытия.

1. Метод моментов

Этот метод использован при применении логнормального закона: При этом нужно учитывать, что если R и L есть функции нескольких переменных, то они могут иметь нормальное распределение только в том случае, когда все исходные переменные распределены нормально.

Для нелинейной функции работоспособности (x_1, x_2, \dots, x_n) при решении ряда задач находил применение метод статистической линеаризации, созданный на разложении в ряд Тейлора в окрестности приблизительного положения середины распределения случайного вектора (x_1, x_2, \dots, x_n): [2, 3].

2. Метод статистических испытаний

Когда выполняется вероятностная оценка по частоте события ($L > R$), то выходит довольно высокое количество статистических испытаний по схеме Бернулли, т.е. на каждом испытании генерируются случайные осуществления целых выведенных величин, выполняется расчет значений L и R как функции этих осуществлений и проверяется условие $L > R$. Когда условие выполняется, то испытательный исходом считается отказ. Частота появления отказа рассматривается как оценка его вероятности P_s

$$v = k/m = P_s, \quad (2)$$

где k – число отказов, m – общее число испытаний.

Метод чрезвычайно универсален, однако требуется приближенный анализ оценки v к разыскиваемой вероятности P_s , которая связана с количеством испытаний m известные методы этого анализа создаются на предельных теоремах:

- Бернулли, утверждающей, что при $m \rightarrow \infty$, $v \rightarrow P_s$ и что обладает местом асимптотически стандартное распределение;
- Хинчина (закон максимальных чисел) утверждающей, что среднее частоты v при $m \rightarrow \infty$ стремятся к ее математическому ожиданию;
- Линдсберга-Леви (центральная предельная теорема) утверждающей, что среднее частоты v обладает асимптотическим стандартным распределением: [4].

3. Пример расчета безотказной работы методом моментов

(Расчет безотказной работы металлической балки межэтажного перекрытия)

3.1. Постановка задачи

Вычислить безотказную работу металлической балки межэтажного перекрытия (рисунок 1).

Дано:

- 1) пролет балки - $L = 5,4$ м;
- 2) шаг балок - $P = 1000$ мм;
- 3) вид перекрытия - межэтажное;
- 4) линейная равномерно распределенная нагрузка - $q = 400 \cdot P = 400 \cdot 1 = 400$ кг/м;
- 5) расчетное сопротивление стали - $R_y = 210$ МПа.

Рисунок 1. Схема расстановки металлической балки

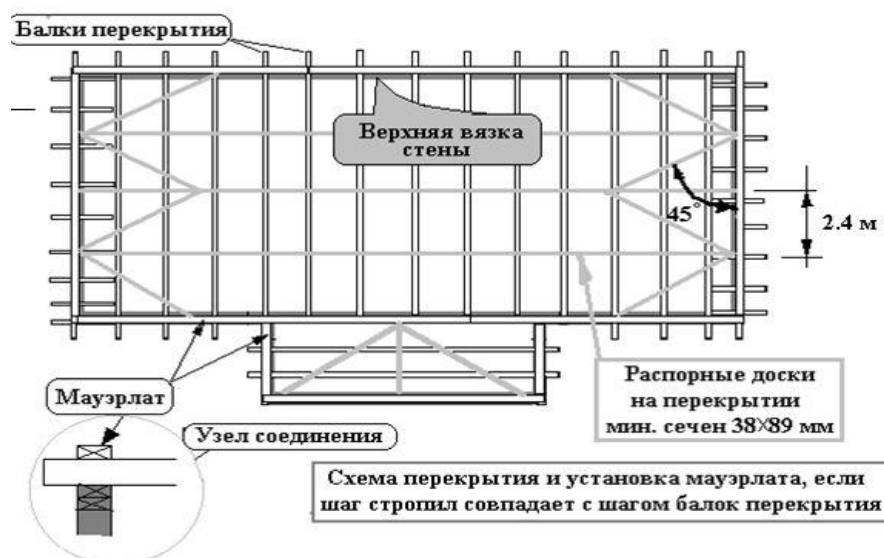
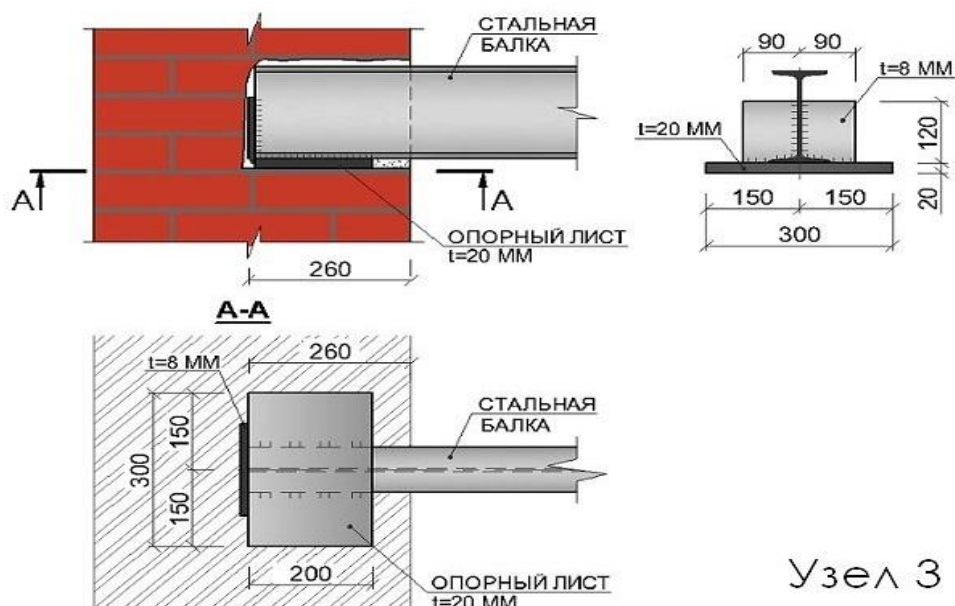
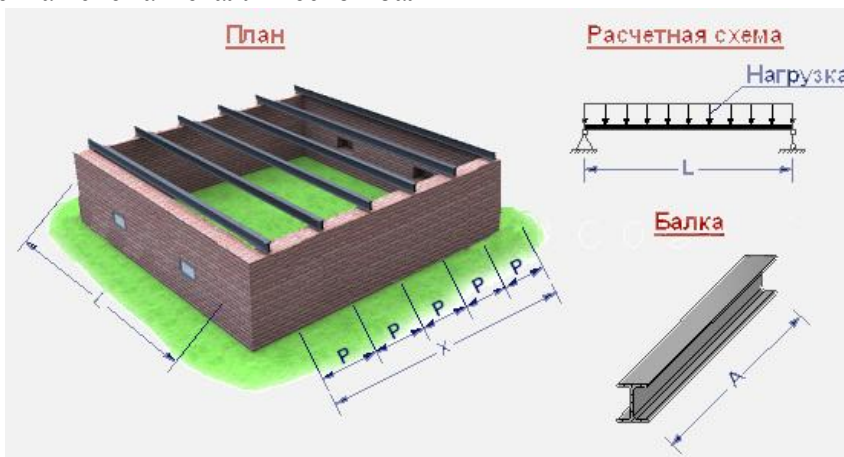


Рисунок 2. Вид сверху расстановки металлической балки на несущую стену



Узел 3

Рисунок 3. Расчетная схема металлической балки



3.2. Проектировочный расчёт

Расчетный изгибающий момент равен $M_{max} = q \cdot l^2 / 8 = 3,92 \cdot 5,42^2 / 8 = 14,29 \text{ кН}\cdot\text{м} = 1429 \text{ кН}\cdot\text{см}$. Где $q = 400 \text{ кг/м} = 400 \cdot 0,0098 = 3,92 \text{ кН/м}$.

Требуемый момент сопротивления из условия прочности равен $W_{треб} = M_{max} / R_y = 1429 / 21 = 68,05 \text{ см}^3$. По сортаменту принимаем двутавр No 14, $W_z = 81,7 \text{ см}^3$.

Для расчета R_i 100 значений R_i подставляются в формулу

$$R_{yn} = 1/n \quad R_i = 1/100 \quad R_i = 1/100 \cdot 21529 = 215,29 \text{ МПа}$$

Аналогично рассчитывается дисперсия сопротивления:

$$SR^2 = 1/n \cdot (R_i - R_{yn})^2 = 7,3059 \text{ МПа}^2$$

Среднеквадратичное отклонение равно

$$SR = 2,70 \text{ МПа}$$

Таблица 1. Ряд распределения нормативного сопротивления

	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
m_i	1	10	9	9	8	17	10	11	10	10	5

(n = 100)

Высота столбцов гистограммы рассчитываются по выражению:

$$h_i = m_i / n \cdot l_i = P_i / l_i$$

Для выбора длины отрезков вычисляется измененный интервал случайной величины $I = R_{max} - R_{min} = 220 - 210 = 10$.

Длина отрезка рассчитываются по выражению:

$$L_i = I / (1 + 3,32 \lg(n)) = 10 / (1 + 3,32 \lg(100)) = 1,31$$

Пусть $L_i = 2,8$, Границы участков получаются следующими:

$$a_1 = 210, b_1 = 212,8; a_2 = 212,8, b_2 = 215,6; a_3 = 215,6, b_3 = 218,4; a_4 = 218,4, b_4 = 221,2.$$

На данных участках рассчитываются вероятностные значения с помощью ряда распределения:

$$P_1 = 0,01 + 0,1 + 0,09 = 0,2; P_2 = 0,09 + 0,08 + 0,17 = 0,34;$$

$$P_3 = 0,1 + 0,11 + 0,31 = 0,52; P_4 = 0,1 + 0,05 = 0,15.$$

Дальше рассчитываются высоты столбцов гистограммы:

$$h_1 = P_1/L_1 = 0,2/2,8 = 0,07143; h_2 = P_2/L_2 = 0,34/2,8 = 0,12143;$$

$$h_3 = P_3/L_3 = 0,52/2,8 = 0,18571; h_4 = P_4/L_4 = 0,15/2,8 = 0,05357.$$

Аналогично вычисляются средние значения и среднеквадратичные отклонения нормативных нагрузок. Пусть дано:

$$q_n = 3,56 \text{ кН/м}; S_q = 0,36 \text{ кН/м}.$$

Средние значения нормативной нагрузки вычисляются числовые параметры запаса несущей способности. Среднее значение резерва равно

$$g = R_{yn} - q_n \cdot L_2 / 8W_z = 215,29 - 3,56 \cdot 5,42 \cdot 10^{-3} / 8 \cdot 81,7 \cdot 10^{-6} = 56,6 \text{ МПа}.$$

Дисперсия резерва S_g^2 вычисляется по выражению: $S_g^2 = S_R^2 + S_L^2$ Поскольку нагрузочный эффект L зависит от случайной величины (q_n), дисперсия вычисляется по наиболее общему выражению:

$$S_g^2 = S_R^2 + S_q^2 (dL/dq_n)^2 \rightarrow S_g^2 = S_R^2 + S_q^2 (-L_2/8W_z)^2 \rightarrow S_g^2 = 7,3059 + 0,362 \cdot 10^{-6} (-5,42/8 \cdot 81,7 \cdot 10^{-6})^2 = 265,67 \text{ МПа}^2.$$

Среднеквадратичное отклонение равно

$$S_g = 16,299 \text{ МПа}.$$

Индекс надежности равен

$$B = g/S_g = 56,6/16,299 = 3,5.$$

Вероятностная безотказность работы равна

$$P_s = 0,5 + \Phi(B) = 0,5 + 0,4997 = 0,9997.$$

Интеграл $\Phi(\beta)$ берётся по табличным интегралам Лапласа.

Отказ работы равен

$$Q = 1 - P_s = 1 - 0,9997 = 0,0003.$$

Безотказная работа металлической балки межэтажного перекрытия обеспечена так, как ($Q = 0$).

Вывод

Большая вероятность безотказной работы обусловлена тем, что общепринятый по сортаменту момент сопротивления W_z существенно больше требуемого момента сопротивления $W_{треб}$ ($81,7 \text{ см}^3 > 68,05 \text{ см}^3$).

Библиографический список:

1. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности и испытания на безотказность. /Пер. с англ. – М.: Советское радио, 1969. -488с.
2. Ржаицын А.Р., Снарскис Б.И., Сухов Ю.Д. Основные положения вероятностноэкономической методики расчета строительных конструкций. – Строительная механика и расчет сооружений. – 1979. – No 3. – С. 67-71.
3. Беляев Ю.К. Вероятностные методы выборочного контроля. – М.: Наука, 1975. -497с.
4. Лычёв А.С. Вероятностные методы расчета строительных элементов и систем. – М.: АСВ, 1995. – Уч. Пособие, 1995. -128с.

Научное издание

Коллектив авторов

Сборник материалов LIV Международной научной конференции «Техноконгресс»

ISBN 978-5-6040934-2-9

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020