



ISSN: 2686-7567

2022
№1(27)

ВЕСТНИК ГГНТУ

Технические науки

| info@gstou.ru | www.gstou.ru



ISSN: 2686-7567

ВЕСТНИК ГГНТУ
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

HERALD OF GSTOU
ENGINEERING SCIENCES

SCIENTIFIC & TECHNICAL JOURNAL

2022

Том XVIII

№ 1 (27)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

д. т. н., профессор Минцаев Магомед Шавалович

Зам. главного редактора – д. т. н., профессор
С-А. Ю. Мургазаев

Ответственный секретарь – к. т. н., доцент
М. Ш. Саламанова

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – профессор, д. ф.-м. н.
И. А. Керимов (АН ЧР)

д. т. н., профессор, член-корреспондент РАН
Б. А. Григорьев (ВНИИГаз)

д. т. н., профессор Ю. В. Дмитрак (СКГМИ)
к. т. н., доцент М. С. Сайдумов (ГГНТУ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Строительство. Архитектура

д. т. н., профессор Д. К-С. Батаев
д. т. н., профессор Г. Н. Гаджишалапов
д. т. н., доцент И. Г. Гайрабеков
д. т. н., профессор Х. Н. Мажиев
канд. архитектуры, доцент Ш. А. Насуханов
д. т. н., профессор Т. А. Хежев

Химическая технология

д. т. н., доцент С. П. Иванов
д. т. н., профессор Л. Ш. Махмудова
д. х. н. Х. М. Кадиев
д. т. н., профессор Х. Х. Ахмадова
д. т. н., профессор О. Н. Каратун
д. х. н., профессор Э. А. Александрова
к. т. н., доцент А. А. Эльмурзаев

Информатика, вычислительная техника и управление

д. п. н., профессор Э. Д. Алисултанова
д. т. н., доцент И. Н. Ажмухамедов
д. т. н., профессор А. В. Илпохин
к. т. н. М. Р. Исаева
д. т. н., профессор В. И. Марсов
д. т. н., профессор К. Е. Румянцев
д. т. н., профессор А. Л. Рутковский
д. т. н., профессор Е. А. Хадзарарова
к. т. н., доцент И. В. Хасамбиев
д. т. н. М. А. Хажмуратов
к. т. н. З. Л. Хакимов

EDITOR – IN-CHIEF

Magomed Mintsaeв, Doctor in Engineering

Associate Editor – Said-Alvi Murtazaev, *Doctor
in Engineering*

Executive Secretary – Madina Salamanova, *PhD
in Engineering*

EDITORIAL COUNCIL

Chairman – Ibragim Kerimov, *Doctor in Physics
and Mathematics*

Boris Grigoryev, *corresponding member of RAS,
Doctor in Engineering*

Yuri Dmitrak, *Doctor in Engineering*

Magomed Saidumov, *Phd in Engineering*

EDITORIAL BOARD

Construction. Architecture

Dena Bataev, *Doctor in Engineering*
Khadzhishalakov Gadzhimagomed, *Doctor in Engineering*
Ibragim Gayrabekov, *Doctor in Engineering*
Khasan Mazhiev, *Doctor in Engineering*
Shadid Nasukhanov, *PhD in Architecture*
Tolya Khezhev, *Doctor in Engineering*

Chemical Technology

Serguey Ivanov, *Doctor in Engineering*
Lyubov Makmudova, *Doctor in Engineering*
Khusain Kadiev, *Doctor in Chemistry*
Khava Akhmadova, *Doctor in Engineering*
Olga Karatun, *Doctor in Engineering*
Elvira Alexandrova, *Doctor in Chemistry*
Ayub Elmurzaev, *PhD in Engineering*

Computer Science, Computer Engineering and Management

Esmira Alisultanova, *Doctor in Pedagogics*
Iskandar Azhmukhamedov, *Doctor in Engineering*
Madina Isaeva, *PhD in Engineering*
Andrey Ilyukhin, *Doctor in Engineering*
Vadim Marsov, *Doctor in Engineering*
Konstantin Rumyantsev, *Doctor in Engineering*
Alexander Rutkovsky, *Doctor in Engineering*
Elena Khadzararova, *Doctor in Engineering*
Manap Khazhmuradov, *Doctor in Engineering*
Ibragim Khasambiev, *PhD in Engineering*
Zaur Khakimov, *PhD in Engineering*

Учредитель: ФГБОУ ВО

«Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова»

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации (с 15.02.2022г.), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), доступный в интернете, по адресу <http://www.elibrary.ru> (Научная электронная библиотека).

Адрес редакции/издателя:

364024, г. Грозный, пр. Х.А. Исаева, 100

Тел./факс: (8712) 29-59-32

<http://gstou.ru/science/ggntu-works.php>

e-mail: trudy-ggntu@mail.ru

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

© ФГБОУ ВО Грозненский государственный нефтяной технический университет
им. академика М.Д. Миллионщикова, 2022

© Редакционная коллегия

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Амхаев Т. Ш., Дебиев М. В., Абдулхакимов У. И., Асхабов У. Р.**
Повышение качества электроэнергии внедрением интеллектуальных сетей 5
- Демина Р. Ю., Ажмухамедов И. М.**
Защита WEB-контента от нелегитимного роботизированного копирования 11
- Минцаев М. Ш., Хакимов З. Л., Лабазанов М. А., Марсов В. И., Илюхин А. В.**
Автоматизированное управление геотермальной станцией: выбор программных средств на примере Ханкальской геотермальной станции 18
- Хаджиева Л. К., Чадаева А. Б.**
Виртуализация беспроводного доступа мобильной сети 5G 29

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Даудова А. Л.**
Проводимость водных суспензий глинистых минералов 37
- Сидоров А. В., Ясьян Ю. П.**
Комплекс гидрокрекинга – основной объект первого этапа модернизации Афипского НПЗ 43
- Тарамов Ю. Х., Цамаева П. С., Эльмурзаев А. А.**
Влияние состава битума на эксплуатационные свойства 54

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Аласханов А. Х., Таймасханов Х. Э., Сайдумов М. С., Муртазаева Т. С-А.**
Современные подходы к разработке многокомпонентных вяжущих с использованием техногенного сырья 63
- Алиев С. А., Муртазаев И. С-А., Хамзаев С-М. М.**
Современные подходы к выбору программ комплексного BIM-проектирования 71
- Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш., Габашев А. А.**
Испытание грунтов оснований под здания и сооружения 77
- Успанова А С., Ахматова М. И., Межидов Д. А.**
Особенности монтажа металлических конструкций на многофункциональном объекте «Минутка»..... 84

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

T. Sh. Amkhaev, M. V. Debiev, U. I. Abdulkhakimov, U. R. Askhabov Improving the quality of electricity by introducing smart grids	5
R. Yu. Demina, I. M. Azhmukhamedov Protection of web content from illegitimate robotic copying	11
M. Sh. Mintshev, Z. L. Khakimov, M. A. Labazanov, V. I. Marsov, A. V. Ilykhin Automated control of a geothermal plant: the choice of software tools on the example of the Khankala geothermal plant	18
L. K. Khadzhieva, A. B. Chadaeva 5G Mobile network wireless virtualization	29

CHEMICAL TECHNOLOGIES

A. L. Daudova Conductivity of aqueous suspensions of clay minerals	37
A. V. Sidorov, Yu. P. Yasyan Hydrocracking complex – the main facility of the first stage of AFIP refinery modernization	43
Yu. Kh. Taramov, P. S. Tsamaeva, A. A. Elmurzaev Influence of bitumen composition on performance properties	54

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

A. Kh. Alashanov, Kh. E. Taymaskhanov, M. S. Saydumov, T. S-A. Murtazaeva Modern approaches to the development of multi-component binders using man-made raw materials	63
S. A. Aliev, I. S-A. Murtazaev, S-M. M. Khamzaev Modern approaches to the choice of integrated BIM – design programs	71
S-A. Yu. Murtazaev, M. Sh. Salamanova, A. A. Gabashev Testing soils for buildings and structures	77
A. S. Uspanova, M. I. Akhmatova, D. A. Mezhdov Features of installation of metal structures on the multifunctional object «Minutka»	84

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.3.051

DOI: 10.34708/GSTOU.2022.77.59.001

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВНЕДРЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

© Т.Ш. Амхаев, М.В. Дебиев, У.И. Абдулхакимов, У.Р. Асхабов

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В данной статье рассмотрены вопросы повышения качества электрической энергии при переходе на интеллектуальные электрические сети. Проведен анализ проблем выявления методов регулирования качества электроэнергии и интеллектуализации электрических сетей внедрением возобновляемых источников энергии. Рассмотрены вопросы по внедрению накопителей электрической энергии в системе электроснабжения. Для эффективности функционирования электрической сети предусмотрена интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС).

Ключевые слова: электроэнергия, умные сети, интеллектуальная сеть, энергия, энергетика, электрические сети.

В настоящее время с ростом потребителей электроэнергии встает все больше проблем, связанных с качественным и количественным обеспечением электроэнергией всех потребителей [1].

Основной плюс от эксплуатации интеллектуальных систем учета электроэнергии заключается в нормировании качества электроэнергии, также в сокращении потерь электрической энергии. По подсчетам Минэнерго внедрение интеллектуальных сетей по всей стране может сократить потери в электросетях на 70-80 миллиардов рублей в год.

В Российской Федерации принят закон о внедрении интеллектуальных систем учета электроэнергии, которые включают в себя «умные» счетчики, которые способны посредством коммуникаций, встраиваемых в электросеть, отправлять данные о работе сети. Данный закон предполагает, что с 1 июля 2020 года обязанности по учету электроэнергии в городских многоквартирных домах будут возложены на гарантирующих поставщиков, а

для остальных потребителей – на электросетевые компании [4].

Начиная с 1 января 2022 года установке будут подлежать только приборы умного учета. Организации, не обеспечившие учет умными счетчиками до 2023 года, будут оштрафованы [3].

Для обеспечения наибольшей надежности в системе электроснабжения используются накопители электроэнергии, компенсирующие неравномерность выработки электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников энергии.

Накопители электроэнергии являются важнейшим элементом активно-адаптивных сетей, они выполняют ряд важных функций:

– согласование графиков нагрузки в электросети (накопление электроэнергии в периоды избытка энергии и доставка в сеть во время её дефицита);

– усиление устойчивости нагрузки, а также обеспечение электроснабжения ответственных объектов, нужд электростанций, демпфи-

рование мощности колебания, стабилизирующие работу малоинерционных децентрализованных источников электроэнергии.

Электронакопители делятся на электростатические и электрические машины. К первому типу относятся аккумуляторные батареи высокой энергии, накопители энергии на базе молекулярных конденсаторов, а также на основе охлаждаемых жидким гелием низкотемпературных сверхпроводников.

Все электростатические накопители связываются с сетью посредством устройств силовой электроники – преобразователи напряжения или тока.

В электроэнергетической отрасли сочетание традиционных и возобновляемых источников энергии, включая изменения в законодательстве, приводит к быстрому преобразованию сети в новую интеллектуальную сеть.

Интеллектуальная сеть – это сеть по производству, передаче и распределению энергии, дополненная возможностями цифрового управления, мониторинга и телекоммуникаций. Помимо обеспечения двустороннего потока электроэнергии в реальном времени, технология интеллектуальных сетей и приложения позволяют осуществлять автоматическую связь между коммунальными предприятиями и их потребителями [6].

Благодаря системе интеллектуальной электросети все заинтересованные стороны в элек-

троэнергетической цепочке, от генерирующих станций до коммерческих, промышленных и бытовых пользователей, получают представление как о потоках электроэнергии, так и об инфраструктуре, по которой они транспортируются.

Одной из наиболее распространенных интеллектуальных сетей является технология Smart Grid, получившая развитие в ведущих странах мира, таких как Северная и Южная Европа, США, Китай, Корея и в других технологически развитых странах [5]. Их уже десятки пилотных проектов, где совместное использование технологий «умных лифтов», «умных домов», «умных счетчиков», использование ветровой, а также солнечной энергии в совместном использовании с «умными домами» дает потребителю значительную выгоду при оплате услуг за счет энергоснабжения. Электроснабжающие организации также получают положительный эффект за счет сглаживания графика пиковых нагрузок и снижения потерь электроэнергии.

Большая роль в деле проведения модернизации электроэнергетических сетей, основанных на новейших принципах, отводится электрической сети как структуре, обеспечивающей надежную связь между генерацией и потребителем. Применяемые в сетях новейшие технологии, которые обеспечивают адаптацию всех характеристик используемого оборудования к условиям эксплуатации, активное

Таблица 1.

Ключевые технологии, развиваемые в секторе магистральных электрических сетей за рубежом

Инновационные компоненты и технологии	Технологии аккумулирования электроэнергии
	Технологии сверхпроводимости
	Токоограничивающие устройства
	Технологии цифровой подстанции
	Технологии передачи энергии постоянным током
	Технологии управляемых электропередач переменного тока
Системы мониторинга и защиты от внешних воздействий	Технологии контроля и защиты от внешних воздействий
	Технологии мониторинга и диагностики электрических сетей
Системы управления	Технологии адаптивного автоматизированного и автоматического управления
	Технологии интеллектуального управления

взаимодействие с генерацией электроэнергии и потребителями, дают возможность создать систему, которая эффективно функционирует, в которую встроены новейшие информационно-диагностические системы, а также системы автоматизации управления всех элементов, включенных в процессы производства, электроэнергии, а также её передачи, распределения и потребления.

Для реализации электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью необходимо оснастить сети высокоскоростными устройствами для силовой электроники и системами «электрическая машина-вентиль», системами, которые в режиме реального времени предоставляют информацию о текущем состоянии всей сети, всего оборудования вплоть до конечного потребителя.

В интеллектуальных энергетических сетях широко используются различные накопители электроэнергии. Благодаря компьютерным средствам контроля качества электрической энергии, возникновение внештатных ситуаций сводится к минимуму, а в случае их возникновения они решаются удаленно, либо в кратчайшие сроки, благодаря тому, что выявить возникшую проблему, а также место ее возникновения можно очень быстро.

На сегодняшний день уже реализуются проекты внедрения данных систем учёта потреблённой энергии, но при современных про-

блемах ввода подобных систем данный процесс идёт медленными темпами [2].

С целью достижения целей энергоэффективности, снижения потерь электроэнергии, в дополнение к использованию современного оборудования и технологий также используются прорывные технологии, использующие явления высокотемпературной сверхпроводимости.

Электроэнергетическая система нового поколения – интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС), основана на многоагентном принципе организации и управления ее работой, а также развитии с целью обеспечения наиболее эффективного использования природных, производственных человеческих ресурсов для надежного и качественного энергосбережения, которая получается в результате гибкого взаимодействия всех его субъектов от генерации до конечного потребителя, базирующаяся на современных технологических средствах и системе контроля.

Концепция ИЭС ААС включает в себя 3 главных направления развития электроэнергетики:

1. Проектирование и использование улучшающихся, новых и прорывных технологий, обеспечивающих эффективность и управляемость электросети, разработка и дальнейшее применение технологий мониторинга электросетей.



Рис. 1. Ключевые моменты концепции ИЭС ААС

2. Разработка новых систем энергоменеджмента, а также принципов информационного взаимодействия объектов энергетики, в том числе «информационного облака», обеспечения их защиты от киберпреступников.

3. Разработка принципов вовлечения индивидуальных и коллективных потребителей в управление энергопотреблением.

На основе этих трех направлений формируются технико-экономические, а также социальные эффекты, которые обосновывают необходимость развития данной системы.

Для реализации концепции по развитию электроэнергетики планируется создание пилотных проектов, строится дорожная карта.

Преимущества Smart Grid

Благодаря прогнозной аналитике, проактивным операциям и другим функциям, интеллектуальная сеть позволяет электроэнергетическим компаниям, операторам сетевых систем и инженерам:

- уменьшить капитальные затраты. Коммунальные предприятия могут удовлетворить пиковый спрос без потерь и могут распределять электроэнергию наиболее эффективным способом, минимизируя затраты на передачу и оптимизируя каждый компонент;

- управлять спросом. Благодаря детальному анализу моделей потребления энергии, коммунальные предприятия могут сбалансировать спрос с предложением и минимизировать потери, вызванные избыточным выделением ресурсов;

- увеличить возобновляемую мощность. Коммунальные предприятия могут включать больше возобновляемых источников энергии на суше и на воде в свой энергетический баланс. Такие проблемы, как прерывистые поставки и меньшая распределенная генерация энергии, могут быть преодолены, при этом обеспечивая стабильное электроснабжение.

Снижение затрат на обслуживание

Понимание каждого актива по производству, передаче и распределению обеспечивает удаленную диагностику неисправностей, сводит к минимуму посещения объектов и поддерживает профилактическое обслуживание, позволяющее группам инженеров сосредоточиться на областях, в которых они больше всего нуждаются.

Повышение соответствия нормативным требованиям

Сетевые технологии помогают электроэнергетическим и коммунальным компаниям выполнять нормативные обязательства по сокращению выбросов углерода за счет более широкого использования возобновляемых источников энергии; поддержка более эффективной генерации, передачи и распределения; и поддержка более эффективного потребления. В ЕС это включает обязательство сократить выбросы до 54-68 процентов ниже уровней 1990 года к 2030 году и почти на 100 процентов ниже уровней 2020 года к 2050 году.

Для повышения вовлеченности клиентов, электроэнергетические компании могут использовать аналитические данные, чтобы составить точную картину моделей использования потребителями, на которой они смогут основывать более адаптированные и конкурентоспособные предложения продуктов и услуг. Это особенно важно для конкуренции на дерегулируемых рынках и достижения целей по энергосбережению на регулируемых рынках.

Заключение

Не вызывает сомнения, что будущее энергетики принадлежит интеллектуальным энергосистемам Smart Grid, и что производство электроэнергии значительно изменится к тому времени, когда такие сети станут реальностью.

Решение таких задач, как снижение нагрузки на энергосети, в конечном счете приведет к новой ступени развития как отечественной, так и мировой энергетики. Реализация основных положений данной концепции будет подразумевать развитие инновационных технологий, расширение масштабов производства высокоинтеллектуальной продукции, более интенсивное применение электрической энергии, развитие новых, альтернативных источников энергии.

Крупные электростанции продолжают обеспечивать основную поставку электрической энергии, но наряду с ними станут использоваться и возобновляемые источники энергии, вызывая колебания в сети. Эти устройства будут автоматически включаться и выключаться при помощи датчиков и интеллектуальных счетчиков потребления энергии, обеспечивая эффективное управление нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев Е. А., Семенова Н. Г. Интеллектуальная энергосистема // Международный студенческий научный вестник. 2015. №3 (часть 1). С. 58-60.
2. Ледин С. С., Игнатичев А. В. Развитие промышленных стандартов внутри- и межсистемного обмена данными интеллектуальных энергетических систем // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2010. № 10.
3. <https://realty.ria.ru/20200630/1573688939.html>
4. Федеральный закон от 27.12.2018 г. № 522-ФЗ [Электронный документ] URL: // <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43868> [режим доступа: 20.12.2021]
5. Интернет-журнал «Электротехнический рынок» статья «Настоящее и будущее «умных сетей» в России» [Электронный ресурс] URL://<https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tekhnologii-svjaz-izmerenija/2297/> [режим доступа: 20.12.2021]
6. Дебиев М. В., Магомадов Р. А. М., Амхаев Т. Ш., Зиниев Ш. З. Эффекты внедрения автоматизированных электроэнергетических систем на основе интеллектуальных сетей // Вестник ГНТУ. Технические науки. 2021. Т. 17. №1 (23). С. 15-25. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45826327>

IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY BY INTRODUCING SMART GRIDS

© T. Sh. Amkhaev, M. V. Debiev, U. I. Abdulkhakimov, U. R. Askhabov
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov

This article discusses the issues of improving the quality of electrical energy during the transition to intelligent electrical networks. An analysis of the problems of identifying methods for regulating the quality of electricity and the intellectualization of electrical networks by the introduction of renewable energy sources was carried out. Issues related to the introduction of electric energy storage devices in the power supply system are considered. For the efficient operation of the electric network, an intelligent electric power system with an active-adaptive network (IES AAS) is provided.

Keywords: electricity, smart grids, smart grid, energy, energy, electric grids.

REFERENCES

1. Mikheev, E. A. and Semenova, N. G. (2015) 'Intellektual'naya energosistema'. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik*. [Intelligent energy system International Student Scientific Bulletin]. №3 (1) pp. 58-60.
2. Ledin, S. S. and Ignatichiev, A. V. (2010) 'Razvitie promyshlennykh standartov vnutri- i mezhsistemnogo obmena dannymi intellektual'nykh energeticheskikh system'. *Avtomatizatsiya i IT v energetike*. [Development of industrial standards for intra- and intersystem data exchange of intelligent energy systems. Automation and IT in the energy sector.]. № 10.
3. Available at: <https://realty.ria.ru/20200630/1573688939.html>

4. Federal'nyi zakon ot 27.12.2018 g. №522-FZ. [Federal Law No. 522-FZ dated December 27, 2018]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43868> [Accessed: 20.12.2021].
5. "Nastoyashchee i budushchee «umnykh setei» v Rossii". *Internet-zhurnal «Elektrotekhnicheskii rynek»* [Online magazine "Electrotechnical market". "The present and future of "smart grids" in Russia"]. Available at: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tehnologii-svjaz-izmerenija/2297/> [Accessed 20.12.2021]
6. Debiev, M. V., Magomadov, R.A. M., Amkhaev, T. Sh. and Ziniev, Sh. Z. (2021) 'Effekty vnedreniya avtomatizirovannykh elektroenergeticheskikh sistem na osnove intellektual'nykh setei'. *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki*. [Effects of introduction of automated electric power systems based on intelligent networks. GGNTU Bulletin. Technical science]. V. 17. №1 (23). Pp. 15-25. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45826327>

ЗАЩИТА WEB-КОНТЕНТА ОТ НЕЛЕГИТИМНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОПИРОВАНИЯ

© Р. Ю. Демина, И. М. Ажмухамедов

Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

Владельцы онлайн-сервисов, содержащих какой-либо полезный контент или пользовательские данные заинтересованы в выявлении и блокировке роботизированного сбора информации. Парсинг часто применяется злоумышленниками с целью составления недобросовестной конкуренции в условиях рыночных отношений или даже мошенничества. Особый интерес также представляют пользовательские данные, которые предоставляются ими на различных сервисах. В статье рассмотрены как общие принципы сбора данных, так и типовые меры противодействия. Даны рекомендации по защите от парсинга как статически, так и динамически выводимого контента. Приведены примеры применения некоторых механизмов защиты от парсинга. Также рассмотрены способы защиты графического контента и особенности обнаружения ботов в онлайн-играх. В статье приведены примеры как успешной защиты от нелегитимного копирования, так и менее эффективной, по мнению авторов данной статьи.

Ключевые слова: web-разработка, парсинг, защита от парсинга, защита информации.

Актуальность. Развитие цифровизации привело к тому, что все больше сфер жизни человека связано с различными web-сервисами. На различных online-платформах люди хранят свои документы и персональные данные, решают рабочие вопросы, проходят обучение, совершают покупки, развлекаются. Чем более популярна платформа, тем больше контента она содержит. Можно условно выделить два основных типа контента, представляющего интерес у конкурентов, злоумышленников или спамеров:

- Контент по теме web-платформы (обучающие курсы, статьи);
- Персональные данные пользователей (ФИО, телефон, образование, место работы).

Контент web-платформ может быть скопирован недобросовестными конкурентами и выдан ими за собственные наработки. Это позволит им сократить время, требующееся для наполнения своего сайта полезными статьями. Как следствие, даст возможность переманить часть потенциальных клиентов, предоставив, например, более низкую цену. Или даже путем бесплатного распространения непубличной информации обеспечить себе приток пользо-

вателей и заработать, например, на рекламе, размещенной на их сервисе.

Недобросовестные соискатели на вакантную должность могут использовать чужие работы в своем портфолио. Подобные действия могут нанести потенциальный вред законным авторам, обманутому работодателю и клиентам, получившим услуги недостаточно квалифицированного специалиста.

Персональные данные пользователей, зарегистрированных на web-ресурсах, могут быть собраны конкурентами или спамерами. Конкуренты могут пытаться переманить пользователей на собственные платформы, а спамеры будут утомлять нежелательной рассылкой. На большинстве сервисов в пользовательском соглашении имеется пункт о запрете механизированного сбора данных, однако злоумышленников это не останавливает.

Позаимствованный контент также может быть использован преступниками в мошеннических схемах. Некоторые пользователи социальных сетей организуют на своих страницах сбор средств на лечение или реабилитацию как для себя, так и для других людей. Для доказательства необходимости сбора средств люди

выкладывают в публичный доступ фотографии пациентов и соответствующую медицинскую документацию. Злоумышленники собирают данные материалы и в дальнейшем используют полученные материалы с целью собственного обогащения. В других городах, на других порталах они якобы организуют сбор средств для пациентов, но указывают другие реквизиты.

Кроме всех вышеупомянутых проблем, роботизированный трафик создает лишнюю нагрузку на портал и вносит помехи в статистику пользовательских обращений.

Данные, хранящиеся в общем доступе, могут быть использованы не по предполагаемому назначению. И подобное может быть крайне неприятно для сервисов, хранящих данные, и для пользователей, предоставивших свои ПД.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что данные, хранящиеся в открытом доступе, нуждаются в защите от несанкционированного копирования. Но владельцы сайтов и web-разработчики не всегда заботятся об использовании механизмов, затрудняющих роботизированное считывание данных. Данная статья посвящена рассмотрению механизмов защиты web-контента от нелегитимного машинизированного считывания.

Парсеры. Для начала необходимо рассмотреть, какими именно способами происходит автоматизированное считывание информации с web-платформ. Парсеры – программы или скрипты, автоматически собирающие веб-контент со страниц сайта [1, 2]. По механизму извлечения данных можно выделить два типа парсеров:

- Считывающие необходимый контент из исходного кода html-страницы;
- Считывающие необходимый контент с загруженной через web-браузер страницы.

В первом случае исходный код страницы анализируется как единый текст, и из него извлекаются нужные фрагменты. Если искомая информация статично прописана и расположена всегда в одном месте структуры html-документа, то, как правило, проблем с ее извлечением не возникает. Следует отметить, что однотипную информацию можно парсить с разных сайтов, с разной структурой, даже если

не известна заранее структура сайтов. Контакты, цены, состав, медиа-файлы можно извлечь с помощью поиска по регулярным выражениям: считывается код страницы и по ключевым словам ищется фрагмент текста, содержащий необходимые сведения.

Во втором случае парсер ожидает полной загрузки страницы и считывает необходимую информацию с указанных элементов страницы. Элемент с неизменным id после загрузки страницы считывается без особых сложностей. Данный способ парсинга занимает больше времени и, как правило, сопряжен с большим количеством сложностей, чем способ, основанный на загрузке исходного кода, однако в ряде случаев возможно только его использование. Как правило, способ считывания с web-страницы используется в ситуациях, когда сайт требует предварительную авторизацию, и содержимое страницы загружается динамически.

Информацию, доступ к которой может получить пользователь, может получить и робот, однако этот процесс можно усложнить и таким образом сильно сократить количество нелегитимно скопированных данных.

Способы защиты от парсинга. Способы защиты от анализа исходного кода страницы

Для того чтобы не допустить нелегитимное считывание информации из исходного кода страницы, можно либо убрать наиболее важные сведения из исходного кода страницы, либо затруднить считывание [3, 4]. Добиться этого можно следующими способами:

1. Динамически (через скрипт) выводить потенциально важную для злоумышленников информацию. Таким образом, в тексте исходного кода страницы не будет, например, контактной информации или прайса, а будет вызов скрипта, который должен вывести эти сведения на страницу. Чтобы получить искомые сведения таким образом, придется анализировать не только код одной страницы, а все файлы сайта, что парсеру сделать гораздо сложнее, особенно если данный сайт является не единственным, с которого нужно получить информацию. Возможно, злоумышленникам будет проще отказаться от парсинга, чем тратить много сил и времени на поиск информации с сайта, кото-

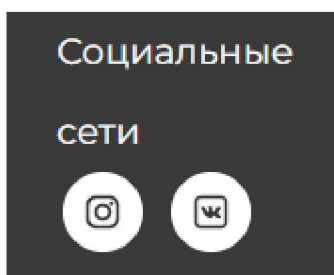


Рис. 1. Пиктограммы социальных сетей

рый является одним из большого списка ресурсов. Например, на главной странице сайта, предоставляющего услуги по заказу и доставке еды «Сочная доставка» [5], пользователь видит кликабельные пиктограммы с логотипами социальных сетей (рис. 1) и легко может перейти на соответствующие страницы на этих сайтах. Злоумышленник может захотеть автоматически спарсить ссылки на социальные сети компании.

Если курсором выделить данный элемент интерфейса, вызвать контекстное меню и вы-

обычного текста, а помещать ее на изображение. Например, номер телефона компании можно разместить на картинке, картинку вывести на странице сайта. Пользователь сможет так же легко увидеть телефон, позвонить по нему, а парсер, анализируя текст исходного кода страницы, не найдет телефон. Чтобы извлечь телефон, парсеру потребуется сначала понять, что телефон расположен на картинке, а потом корректно распознать его. Если сайт с такой защитой не единственный в списке парсера, то такие сложности могут показаться злоумышленнику излишними, и ему будет проще пропустить сайт.

3. «Разбавить» текст страницы, содержащий потенциально интересующие злоумышленника сведения неотображаемыми символами, чтобы усложнить поиск с помощью регулярных выражений.

3. «Разбавить» текст страницы, содержащий потенциально интересующие злоумышленника сведения неотображаемыми символами, чтобы усложнить поиск с помощью регулярных выражений.

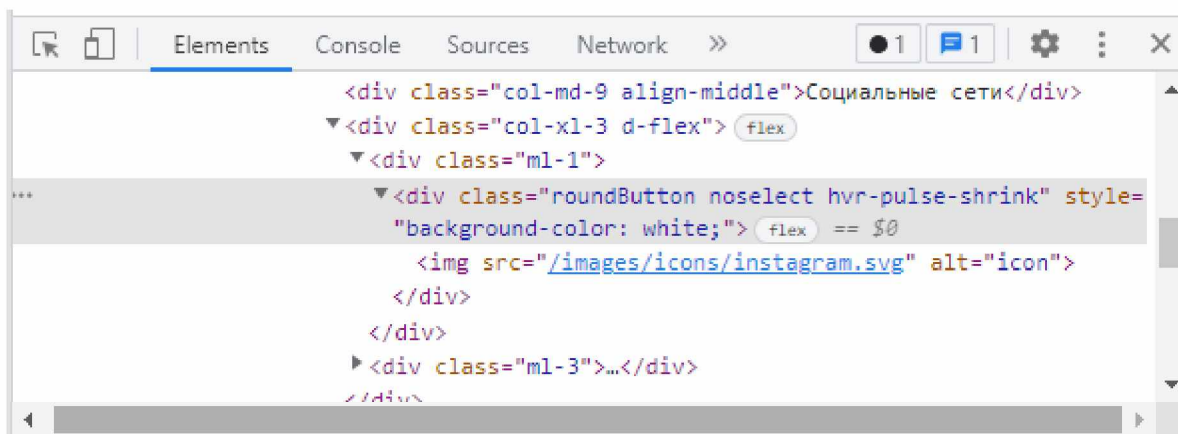


Рис. 2. Код элемента

брать «Просмотреть код» в браузере Google Chrome, то никакой ссылки в явном виде увидеть нельзя (рис. 2).

Кроме того, если в контекстном меню выбрать пункт «Просмотр кода страницы» в браузере Google Chrome, то в представленном коде не будет никаких упоминаний о социальных сетях (рис. 3).

Для того чтобы найти нужную ссылку, нужно обращаться ко всем используемым js-скриптам и в каждом из них искать нужную информацию.

2. Выводить потенциально интересную информацию не в виде

4. Ссылки tel: и mailto: позволяют пользователю позвонить или написать письмо по одному клику, но их использование (без дополнительных средств защиты) при анализе текста может стать очень ярким маркером, указывающим на номер телефона и электронный адрес. Например, номер телефона, записанный в коде страницы таким образом

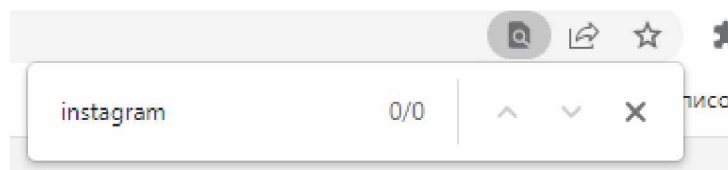


Рис. 3. Поиск в коде страницы

`8 (0000) 000-000` спарсить будет очень просто.

5. Сервер может отслеживать обращения с одного клиентского ip-адреса. Анализируя статистику, а именно частоту обращений, сервер может распознать машинизированные обращения и отказать в предоставлении информации.

Применение подобных механизмов защиты может сократить риски для владельцев сайтов и их клиентов.

Способы защиты от считывания через интерфейс браузера

В ситуации, когда считывание данных происходит с web-страницы через интерфейс браузера, обычно речь идет о работе с одним web-сервисом, содержащим много информации, которую необходимо извлечь. Так как доступа непосредственно к базе данных, где хранятся все эти сведения, нет, то парсер либо перебирает страницы (пользователей, компаний, товаров), либо имитирует поиск пользователя по различным критериям. После чего считывает данные и сохраняет в собственную базу данных. Подобные ресурсы обычно защищаются от роботизированного сбора данных следующими способами.

1. Непостоянные идентификаторы элементов интерфейса. К id кнопок, или элементам вывода информации добавляется случайное число, или id представляют собой неосмысленную цифро-буквенную комбинацию, которые меняются каждую сессию. Т. е. после каждой перезагрузки страницы id основных

элементов меняется, и парсер не может найти, откуда считывать или куда вводить текст. Чем сложнее найти у элемента интерфейса уникальный признак, по которому парсер может опознать этот элемент, тем лучше. Например, в социальной сети LinkedIn [6], заблокированной на территории РФ по решению Роскомнадзора, идентификаторы кнопок меняются каждую сессию, и код кнопок выглядит примерно как показано на рисунке 4.

2. Необходимо еще обратить внимание на то, что id кнопки и имена классов не позволяют установить точные критерии, по которым можно было бы с уверенностью обращаться к нужному элементу каждую сессию.

3. Защита от перебора. Подобные web-ресурсы обычно знают статистику поведения реальных пользователей, в том числе пользователей, которые занимаются целенаправленным поиском чего-либо: сколько времени тратят пользователи, как долго проводят на странице, как много страниц просматривают, какой временной интервал между какими-либо действиями. Если пользователь просматривает очень много страниц и/или делает это очень быстро, то сервис может посчитать такое поведение подозрительным. Обычно после такого сервис предлагает пройти проверку типа «Докажите, что вы не робот» и/или блокирует пользователя.

Для защиты динамически выводимого web-контента разработчики вынуждены организовывать структуру сайта таким образом, что им становится его сложнее поддерживать.

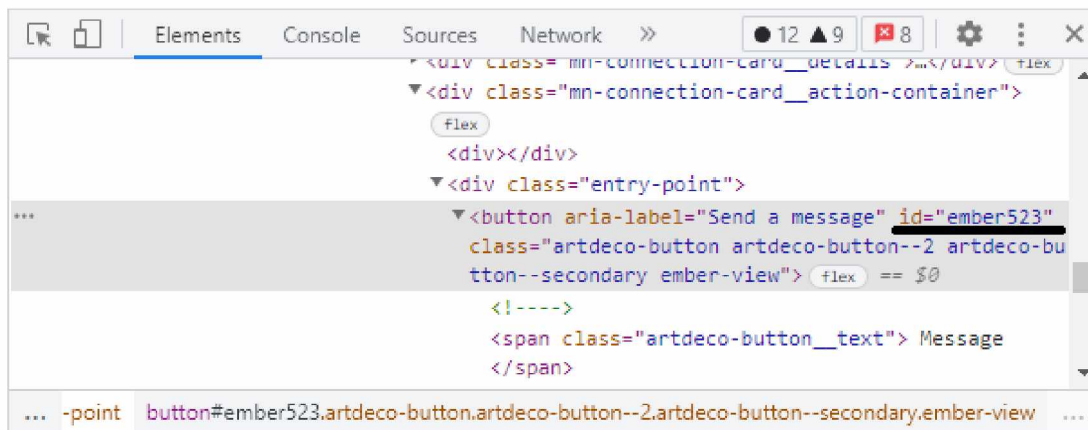


Рис. 4. Пример id кнопки на сайте LinkedIn

Но то же самое относится и ко всем механизмам обеспечения информационной безопасности. Это необходимая мера для компаний, которые заботятся о своих клиентах.

Нелегитимное копирование графического контента и способы защиты. Профессионалы различных сфер используют собственные сайты и страницы в социальных сетях для презентации своих работ в виде фотографий, изображений, скриншотов экрана, схем и графиков. Недобросовестные конкуренты могут копировать чужой графический контент и выдавать его за свой. Таким образом из чужих работ они формируют свое портфолио и тем самым вводят в заблуждение потенциальных клиентов.

Самый простой способ защиты – это размещение водяных знаков с указанием авторства на изображениях. Но фотографии и иллюстраторы часто отказываются от такого способа защиты своих работ, потому что таким образом снижается и художественная ценность самой работы. Иногда мастера размещают подпись в углу изображения, но в таком случае подпись легко обрезать.

Более сложный способ – это постфактум подавать жалобы на недобросовестных конкурентов. Стоит учитывать тот факт, что в пользовательском соглашении многих социальных сетей имеется пункт о том, что размещенные пользователем изображения могут быть использованы другими пользователями. В таком случае можно предъявить претензию только на отсутствие указания авторства, но не на сам факт копирования.

Использование ботов в онлайн-играх и способы защиты. Отдельного внимания заслуживает вопрос использования роботов в онлайн-играх. Игроки часто не хотят заниматься скучным развитием своего персонажа и применяют стороннее программное обеспечение, которому передают управление своим персонажем для выполнения им каких-то несложных действий, которые приводят к повышению уровня. Владельцы игрового сервера, как правило, запрещают использование такого рода ботов. Повышенная нагрузка на сервер не соответствует количеству реальных игроков, препятствует входу реальных пользователей и создает опасность перегруза системы.

Для выявления пользователей, использующих стороннее программное обеспечение, используется обычно несколько способов.

1. Техническая поддержка реагирует на жалобы пользователей, которые сообщают о играх, нарушающих правила сервера.

2. Анализ кликов. В случае с использованием робота временные интервалы между кликами четко повторяются, что невозможно при действиях реального человека.

3. «Приманки». Разработчики «подкидывают» ботам «приманки», которые не видны реальным пользователям. Стороннее программное обеспечение, которое взаимодействует непосредственно с API, дает команду игровому персонажу взаимодействовать с объектом, которого реальный человек не мог бы увидеть.

4. Анализ программного обеспечения, установленного на компьютере пользователя. Разработчики игры отслеживают версии стороннего программного обеспечения, которому пользователи передают контроль над персонажем, и обновляют в клиентском приложении игры функцию поиска подобных программ.

Боты, используемые в индустрии онлайн-игр, как правило, не занимаются сбором данных и последующим их использованием, однако применяемые меры противодействия могут быть проанализированы и эффективно использованы в других сферах.

Примеры противодействия роботизированному сбору данных. В качестве примера эффективной защиты от использования ботов можно привести заблокированную на территории РФ по решению Роскомнадзора социальную сеть Инстаграм [7]. После обновления в октябре 2021 года нелегитимное копирование данных со страниц пользователей существенно усложнилось.

Инстаграм довольно быстро блокирует учетную запись, если система замечает, что «пользователь» перебирает по ссылкам различные страницы. Бот не может оставить комментарии или собрать информацию даже с пары десятков страниц, хотя между обращениями к страницам установлена искусственная пауза. Кроме того, сайт защищен и от перебора через поле «Поиск». Блокировка происходит позже,

после примерно 100 попыток поиска. При этом стоит отметить, начиная с какого-то момента сайт начинает сообщать, что в процессе поиска никаких результатов не было обнаружено. Система запоминает, с каких адресов и/или устройств на сайт заходили «боты», и в дальнейшем регистрация новых пользователей с этих адресов/устройств возможна только после проверки на подлинность. Проверка может занимать до 24 часов.

Сайт Вконтакте [8] также замечает, что пользователь перебирает страницы и просит пройти проверку с помощью CAPTCHA. Однако эта мера не препятствует считыванию информации и не препятствует загрузке следующих страниц. Оставить комментарий на странице такой «бот» не сможет, но с точки зрения защиты от несанкционированного копирования такая мера бесполезна. На сегодняшний день социальная сеть Вконтакте становится основной для жителей Российской Федерации, поэтому особенно важно учесть

весь положительный опыт по защите данных граждан от несанкционированного копирования.

Выводы. Невозможно полностью защитить данные, размещенные на web-сайте, от нецелевого использования. Телефон и электронный адрес компании может быть использован не только потенциальными клиентами, но и спамерами.

Однако можно предпринять меры, которые сократят вероятность нелегитимного копирования. Общее правило для сайтов-визиток – при размещении потенциально значимой для нецелевых пользователей информации на web-ресурсах нужно организовать вывод этих данных максимально нешаблонным способом. Общее правило для сайтов с динамически выводимым контентом – максимально усложнить способ привязки потенциально значимой информации к идентификатору или занимаемому месту в структуре сформированной html-страницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков В.А., Дмитриева О.В., Ливсон М.В. Парсинг аудитории в социальных медиа как инструмент повышения доходов от рекламы электронных средств массовой информации // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2021. №2. С. 45-52.
2. Прокопенко В.В. Парсинг как один из инструментов интеллектуальных баз данных // Аллея науки. 2020. №6 (45). Т. 2. С. 68-75.
3. Дубровина А.И. Парсинг, его последствия и методы предотвращения в целях защиты информации // Modern Science. 2020. №12-3. С. 230-233.
4. Ермоленко А.В., Котелина Н.О., Старцева Е.Н., Юркина М.Н. О востребованности подготовки в области парсинга данных для web-разработчиков // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: математика. Механика. Информатика. 2021. №1 (38). С. 56-69.
5. Сочная доставка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sochno30.ru/> Дата обращения: 15.03.2022.
6. Социальная сеть LinkedIn [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.linkedin.com/mynetwork/invite-connect/connections/>
7. Социальная сеть Инстаграм [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.instagram.com/>
8. Социальная сеть ВКонтакте [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vk.com/>

PROTECTION OF WEB CONTENT FROM ILLEGITIMATE ROBOTIC COPYING

© R. Yu. Demina, I. M. Azhmukhamedov

Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

Owners of online services containing any useful content or user data are interested in identifying and blocking the robotic collection of information. Parsing is often used by attackers to create unfair competition in market conditions or even fraud. Of particular interest is also the user data that they provide on various services. The article discusses both the general principles of data collection and typical countermeasures. Recommendations are given for protection against parsing of both statically and dynamically displayed content. Examples of application of some mechanisms of protection against parsing are given. Also considered are ways to protect graphic content and features of detecting bots in online games. The article provides examples of both successful protection against illegitimate copying, and less effective, according to the authors of this article.

Keywords: web-development, parsing, protection from parsing, information security.

REFERENCES

1. Biryukov, V. A., Dmitrieva, O. V. and Livson, M. V. (2021) 'Parsing auditorii v social'nyh media kak instrument povysheniya dohodov ot reklamy elektronnyh sredstv massovoj informacii' [Audience scraping on social media as a tool to increase revenue from electronic mass media advertising] *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*, №2, Pp. 45-52.
2. Prokopenko, V. V. (2020) 'Parsing kak odin iz instrumentov intellektualnyh baz dannyh' *Alleya nauki* [Parsing as one of the tools of intelligent databases. Alley of Science.], №6 (45). T. 2. Pp. 68-75.
3. Dubrovina, A. I. (202) 'Parsing ego posledstviya i metody predotvrashcheniya v celyah zashchity informacii' [Parsing, its consequences and methods of prevention in order to protect information], *Modern Science*. №12-3. Pp. 230-233.
4. Ermolenko, A. V., Kotelina, N. O., Starceva, E. N. and Yurkina, M. N. (2021) 'O vostrebovannosti podgotovki v oblasti parsinga dannyh dlya web razrabotchikov' [On the demand for data parsing training for web developers] *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Seriya 1 matematika Mekhanika Informatika*, №1 (38). Pp. 56-69.
5. Sochnaya dostaka [Online] available at: <https://sochno30.ru/>
6. Social network LinkedIn [Online] available at: <https://www.linkedin.com/mynetwork/invite-connect/connections/>
7. Social network Instagram [Online] available at: <https://www.instagram.com/>
8. Social network VK [Online] available at: <https://vk.com/>

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ: ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ ХАНКАЛЬСКОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

© © ¹М. Ш. Минцаев, ¹З. Л. Хакимов, ¹М. А. Лабазанов,
²В. И. Марсов, ²А. В. Илюхин

¹ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²МАДИ, Москва, Россия

В статье приведено общее описание автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) действующей на Ханкальском месторождении геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора глубинного тепла Земли.

Приводится структура АСУТП как классической трехуровневой системы с описанием структуры, функционала различных уровней.

Проведен краткий обзор имеющегося базового и специализированного программного обеспечения для разработки различных подсистем АСУТП и обоснован выбор наиболее оптимальных и рациональных программных решений.

Проведен обзор, приведены сравнительные характеристики ряда языков программирования стандарта МЭК 61131-3 и приводится обоснование выбора языка FBD для создания управляющей программы.

В заключении отмечается, что опытная и промышленная эксплуатации Ханкальской геотермальной станции подтвердили эффективность и надежность выбранных схемных и программно-аппаратных решений.

Ключевые слова: геотермальная станция, автоматизация геотермальной станции, языки программирования, TIA Portal

Введение

Геотермальная энергетика в России как отрасль находится в зачаточном состоянии, и в настоящее время отсутствуют отработанные, проверенные и тиражируемые технические решения для строительства геотермальных станций. При этом следует отметить, что вопросы использования глубинного тепла Земли для получения энергии требуют наличия сквозных компетенций в области геологии, гидрогеологии, геофизики; электро- и теплоэнергетики; разработки, бурения и освоения скважин и др. Кроме того, реализованные в России проекты в области геотермальной энергетике на Камчатке и Юге России отличаются уникальностью используемых технических решений, что, в свою очередь, обуславливает использование индивидуального подхода при разработке ав-

томатизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

В настоящей статье использованы и обобщены материалы по результатам участия кафедры автоматизации технологических процессов Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова (ГГНТУ) в процессе строительства в 2010-2014 гг. и эксплуатации с 2014 года по настоящее время Ханкальской геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора глубинного тепла Земли в Чеченской Республике [1-3].

Концепция АСУТП и ее основные узлы описаны в ряде работ [4-6] коллектива авторов ГГНТУ, и в настоящей статье соответственно сделан акцент на реализованную программную составляющую проекта как в

части использованного программного обеспечения, так и разработанной управляющей программы.

Общее описание АСУ ТП и использованных программно-аппаратных средств.

Постановка задачи.

Структура АСУТП Ханкальской геотермальной станции представляет собой классическую трехуровневую систему с полевым, контроллерным и операторским уровнями (рис. 1).

Как видно на рис. 1, информация с нижнего полевого уровня, на котором находятся датчики и исполнительные механизмы, попадает на контроллерный уровень, основу которого составляет ядро АСУТП в виде программиру-

емого логического контроллера (ПЛК) компании Siemens – Simatic S7–1500. ПЛК Simatic S7–1500 в соответствии с управляющей программой осуществляет регулирующие воздействия на исполнительные механизмы в соответствии с требованиями технологического процесса. Для разработки управляющей программы используются специализированные объектно-ориентированные программные языки, соответствующие стандарту МЭК 61131-3 и позволяющие разработчикам формировать программный код без знания глубоких основ программирования.

С контроллерного уровня информация о ходе технологического процесса передается на верхний диспетчерский (операторский) уровень, реализованный с использованием программного обеспечения типа SCADA

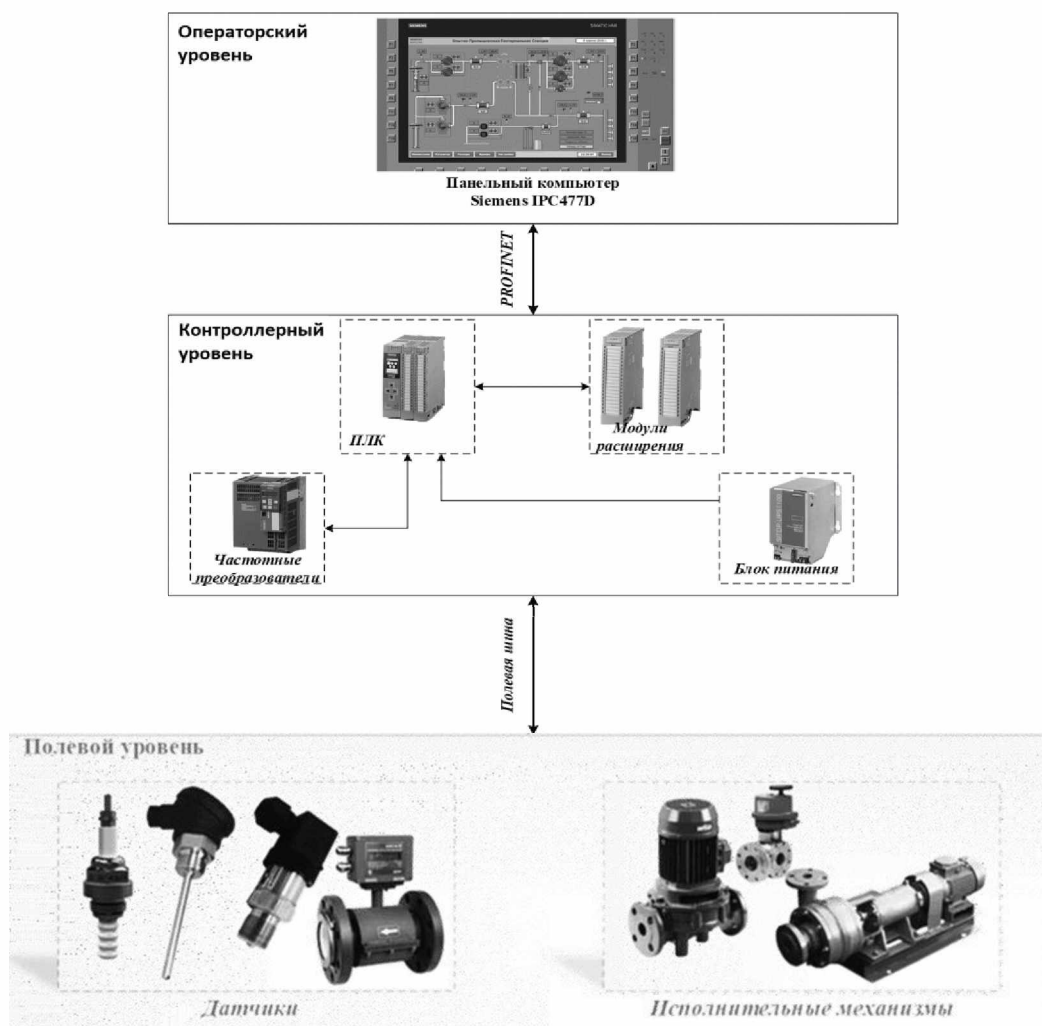


Рис. 1. Структура АСУТП Ханкальской геотермальной станции

(Supervisory control and data acquisition). На диспетчерском уровне расположено рабочее автоматизированное рабочее место оператора, позволяющее наблюдать за ходом технологического процесса и при необходимости осуществлять управляющие воздействия.

Ханкальская геотермальная станция как генерирующий объект относится к объектам теплогенерации, мощность генерируемой тепловой энергии составляет 8,7 МВт. Технологический процесс отбора глубинного тепла Земли по циркуляционной схеме, реализованный в ханкальском проекте, с точки зрения автоматизации не является сложным и критичным. Однако наличие высоких давлений и температур, а также большого количества насосных агрегатов и дуплета скважин накладывает определенные требования к надежности используемого технологического и контрольно-измерительного оборудования, программных и аппаратных средств автоматизации. При этом правильный выбор схемных и программно-аппаратных решений влияет не только на надежность работы, но и на трудозатраты на разработку, внедрение и дальнейшую эксплуатацию системы автоматизации и объекта в целом. В настоящей статье основной акцент сделан на обзор существующего программного обеспечения для задач АСУ ТП и выбор наиболее оптимальных решений для разработки АСУ ТП Ханкальской геотермальной станции.

Обзор и обоснование выбора программного обеспечения для АСУ ТП Ханкальской геотермальной станции

Программное обеспечение, используемое при разработке АСУ ТП, по функциональному назначению можно классифицировать на 3 основные группы:

- базовое (операционная среда);
- для создания человеко-машинного интерфейса [7, 8];
- для разработки управляющей программы/программирования ПЛК [9, 10].

При выборе базового программного обеспечения, как правило, руководствуются уровнем критичности технологического процесса, необходимым временем реакции, сложностью

сетевой архитектуры и др. На объектах с высоким уровнем критичности используют базовое программное обеспечение реального времени типа QNX, гарантирующее время реакции в пределах от нескольких десятков микросекунд до нескольких миллисекунд. Другой важный функционал операционных систем реального времени – обеспечение многозадачности, что означает параллельное выполнение нескольких нитей различных вычислительных процессов.

С учетом невысокой критичности технологического процесса Ханкальской геотермальной станции, когда задержка в обработке информации не приводит к катастрофическим последствиям, специалистами кафедры автоматизации технологических процессов ГГНТУ было принято решение о возможности использования операционной среды Windows, которая относится к системам «мягкого реального времени», но при этом обеспечивает многозадачность, легко интегрируется с большим количеством коммерческих программ для данной предметной области. При этом в случае необходимости использования приложений, требующих создания системы «жесткого реального времени», независимыми разработчиками предлагаются решения, модернизирующие Windows операционную систему реального времени – INtime, RTOS-32 и RTX.

В части разработки человеко-машинного (операторского) интерфейса на рынке существует множество SCADA-систем: MasterSCADA, Simatic WinCC, InTouch, Trace Mode и др. Однако в данном проекте выбор программного обеспечения для создания человеко-машинного интерфейса предопределён используемыми аппаратными средствами компании Siemens. Ядром АСУ ТП геотермальной станции, как уже было отмечено ранее, является ПЛК Simatic S7-1500, и соответственно для комфортного взаимодействия с данным контроллером и использования в полном объеме его функционала также выбрано программное обеспечение компании Siemens – TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal).

TIA Portal – интегрированная среда разработки программного обеспечения систем автоматизации технологических процессов от

уровня приводов и контроллеров до уровня человеко-машинного интерфейса.

С 2011 года в TIA Portal интегрированы три основных программных пакета:

- Simatic Step 7 для программирования контроллеров S7-1200, S7-300, S7-400 и WinAC;

- Simatic WinCC для разработки человеко-машинного интерфейса (от простейших кнопочных панелей до сложных конфигураций уровня SCADA);

- Sinamics StartDrive для настройки, программирования и диагностики приводов Sinamics.

Таким образом, использование TIA Portal как единой платформы для создания операторского интерфейса и для программирования контроллеров позволило сократить сроки разработки проекта, уменьшить трудозатраты на разработку АСУ ТП в целом за счет программной интеграции операторского интерфейса с контроллерным блоком.

Разработанный с использованием модуля Simatic WinCC операторский интерфейс Ханкальской геотермальной станции позволяет

в полном объеме контролировать ход технологического процесса на мнемосхеме (рис. 2), а также при необходимости осуществлять управляющие воздействия.

Как видно на рис. 2, внизу экрана располагаются кнопки для переключения на различные экраны, к которым привязаны соответствующие функции и сервисы:

- «Мнемосхема» – при нажатии кнопки с любого экрана происходит возврат на начальный экран;

- «Регулятор» – переход на экран системы регулирования температуры воды к потребителю;

- «Расходы» – при нажатии данной кнопки происходит переход на экран расходов;

- «Архивы» – переход на экран архивов и предупреждений системы;

- «Настройка» – переход на экран параметров работы станции.

На рис. 3 видно, как на экране архивов есть возможность просмотра нужных архивов по всем контролируемым параметрам станции: температур и давлений, производительности, расходов. На каждом графике отображается



Рис. 2. Основная мнемосхема оператора

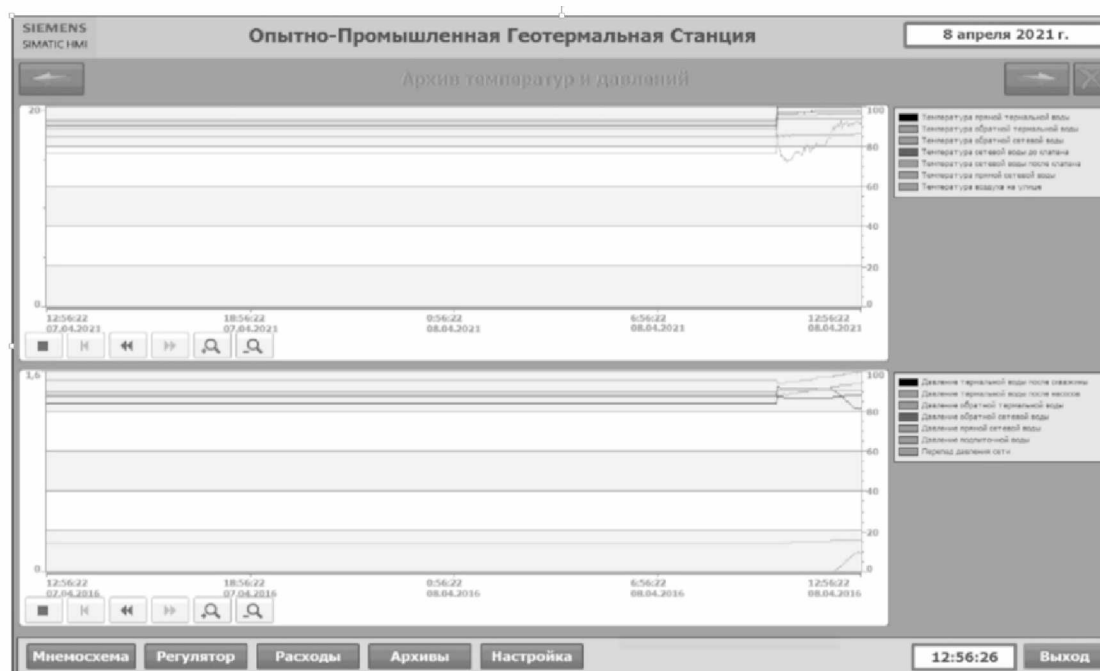


Рис. 3. Экран «Архив температур и давлений»

информация по всем аналоговым показателям работы геотермальной станции, а в верхней части экрана есть кнопка для переключения между архивами.

Важным функционалом созданного интерфейса является подсистема формирования алармов (тревог). При этом вся информация о сгенерированных алармах, системных сообщениях, реакциях оператора хранится в базе данных АСУ ТП и может быть использована при необходимости. В целом необходимо отметить, что использованное для разработки операторского интерфейса программное обеспечение Simatic WinCC позволило разработать интуитивно понятный и функциональный человеко-машинный интерфейс, позволяющий эффективно мониторить ход технологического процесса, а при необходимости оперативно осуществлять управляющие воздействия, анализировать архивную информацию и формировать различного вида отчетности.

Ключевой составляющей разработанной АСУТП является управляющая программа, в соответствии с которой ПЛК вырабатывает сигналы для исполнительных механизмов, анализируя полученную с сенсоров информацию. Если при выборе самой программной платформы для разработки операторского интерфейса

и программирования ПЛК разработчики ориентировались на единого производителя для максимальной интеграции данных подсистем, то при выборе непосредственно языка программирования наряду с удобством и наглядностью на первый план выходят вопросы соответствия международному стандарту МЭК 61131-3, а также наличия таких сервисов, как поиск ошибок, межязыковой интеграции, развитой библиотеки готовых объектов и др.

Выбранное программное обеспечение для программирования ПЛК Simatic Step 7 поддерживает три основных и 4 дополнительных языка [11-13].

Основные:

LAD – язык релейно-контактной логики;

FBD – язык функциональных блочных диаграмм;

SCL – структурированный язык управления, по синтаксису близкий к Pascal.

Дополнительные:

STL – язык списка инструкций;

GRAPH 7 – язык управления последовательными технологическими процессами.

Следует отметить, что при выборе языка программирования разработчики также руководствуются имеющимися навыками программирования с использованием различных высо-

коуровневых и низкоуровневых языков, а также проектирования различных схем АСУТП.

Так, для специалистов, имеющих опыт проектирования релейно-контактных схем, наиболее подходящим для разработки управляющей программы станет язык LAD (Ladder Diagram) – язык релейно-контактной логики, основанный на представлении коммутационных схем, где нормально замкнутые и нормально разомкнутые контактные элементы языка LAD можно сопоставить с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми переключателями в электрических цепях.

В свою очередь, для специалистов, имеющих опыт программирования с языков высокого уровня, наиболее удобным станет текстовый язык SCL (Structured control language), синтаксис которого очень похож на синтаксис таких высокоуровневых языков, как Pascal или C.

С учетом имеющихся компетенций сотрудников кафедры автоматизации технологических процессов ГГНТУ в области проектирования схем автоматизации на основе «жесткой» логики и булево-алгебры для разработки управляющей программы АСУТП Ханкальской геотермальной станции был выбран графический язык функциональных блоков FBD (Function block diagram). Графическая форма представления алгоритма, простота в использовании, повторное использование функциональных диаграмм и библиотеки функциональных блоков позволили разработчикам без специализированного обучения освоить данный язык программирования, существенно снизить трудозатраты при разработке и создании управляющей программы и программирования ПЛК.

Программа на языке FBD представляет собой совокупность функциональных блоков, входы и выходы которых соединены линиями связи. Эти связи, соединяющие выходы одних блоков с входами других, являются по сути дела переменными программы и служат для пересылки данных между блоками. Каждый блок представляет собой математическую операцию из знакомой для всех инженеров по авто-

матизации булево-алгебры (логическое сложение, умножение, «или» инверсия и т.д.). Начальные значения переменных задаются с помощью специальных блоков – входов или констант, выходные цепи могут быть связаны либо с физическими выходами контроллера, либо с глобальными переменными программы. На рис. 4 представлен фрагмент управляющей программы включения пускателя сетевого насоса, установленного во вторичном контуре Ханкальской геотермальной станции.

В АСУТП для регулирования давлений и температур были использованы классические алгоритмы ПИД-регулирования (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор), для которых в программной среде Simatic Step 7 при использовании языка FBD имеются готовые функциональные блоки в библиотеке. На рис. 5 представлен фрагмент управляющей программы Ханкальской геотермальной станции для регулирования давления с использованием готового функционального блока для ПИД-регулирования.

Важным инструментом поддержки разработчика является функция автоматической настройки коэффициентов ПИД-регулятора – пропорционального, интегрального и диффе-

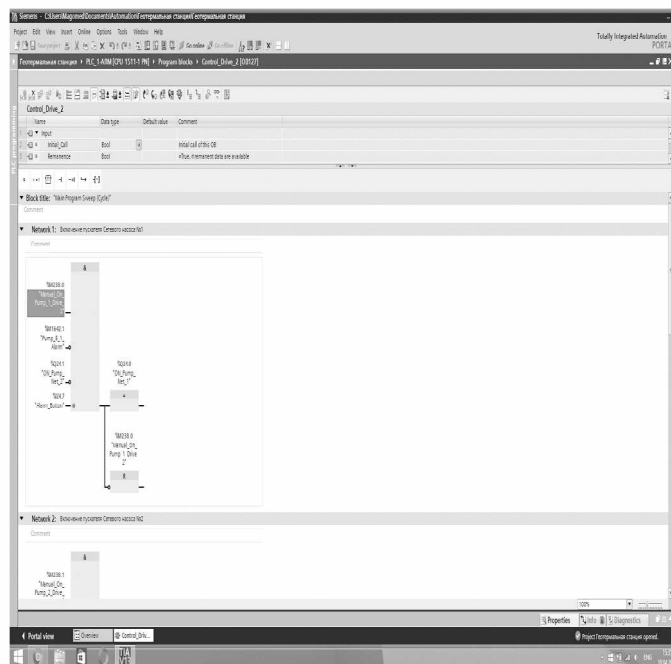


Рис. 4. Фрагмент программы на языке FBD для включения пускателя сетевого насоса вторичного контура геотермальной станции

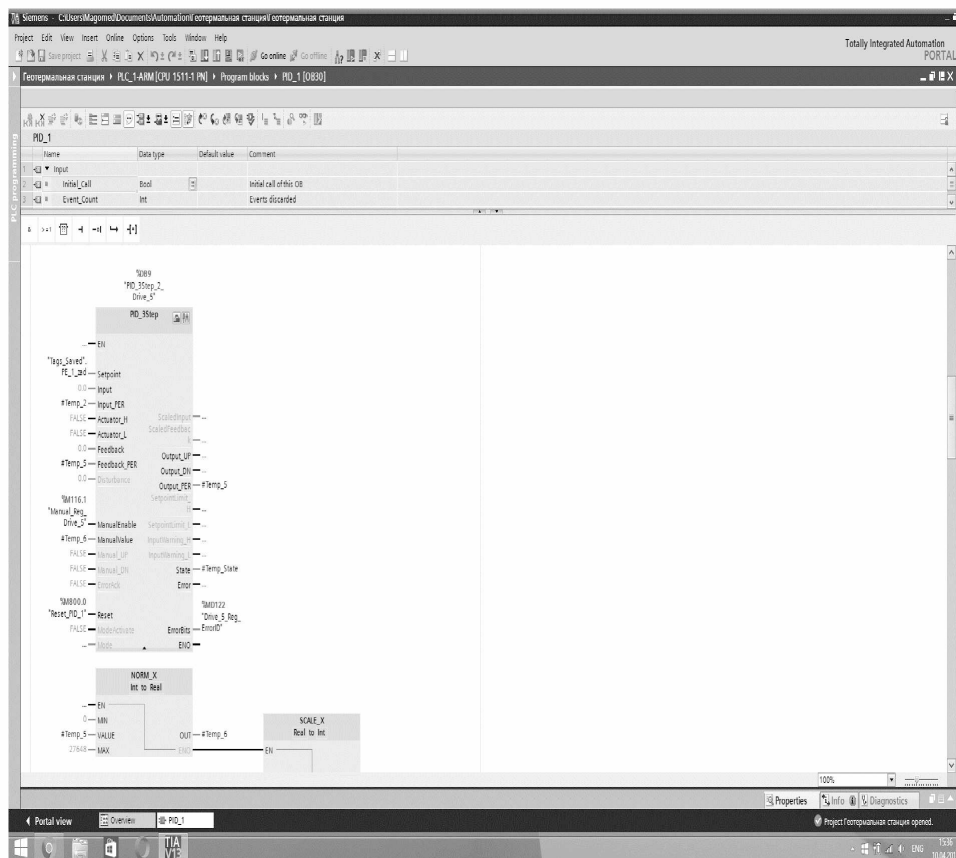


Рис. 5. Фрагмент программы регулирования давления с использованием ПИД-регулятора

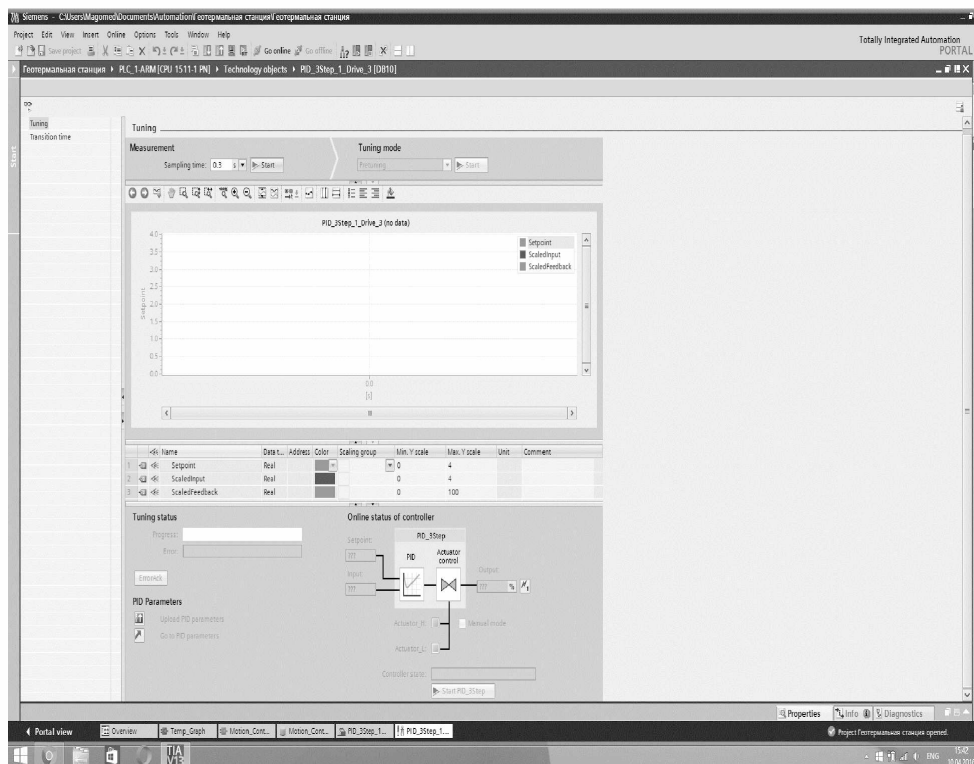


Рис. 6. Подбор коэффициентов

рениального, которая существенно облегчает его настройку. На рис. 6 показано диалоговое окно системы автонастройки Simatic Step 7 коэффициентов ПИД-регулятора.

Для запуска режима автонастройки устанавливается связь между программой и контроллером. При нажатии кнопки «Start» система автоматически начинает высчитывать коэффициенты. Продолжительность данного процесса занимает от 3 часов до нескольких дней.

Также необходимо отметить, что разработанная АСУТП имеет возможность удаленного доступа с архитектурой клиент/сервер. Для реализации данной функции использовано программное обеспечение SIMATIC WinCC flexible компании Siemens, которое может быть использовано как для дистанционной разработки, так и в ходе эксплуатации (обслуживание, наблюдение, диагностика, загрузка проектов и т. п.).

Для реализации функций дистанционного управления и обслуживания используется стандартный пакет Internet Explorer, с помощью которого реализуются функции управления, осуществляется просмотр состояний приборов, выполняется их диагностика и осуществляется просмотр файлов.

Заключение

Выбранное базовое программное обеспечение «мягкого реального времени» Windows позволяет в полном объеме обеспечить необходимое время реакции, многозадачность и интеграцию с другими программными продуктами, использованными в АСУТП Ханкальской геотермальной станции.

Выбор единой программной платформы TIA Portal как для создания человеко-машин-

ного интерфейса, так и для программирования контроллеров позволил максимально интегрировать данные подсистемы, оптимизировать трудовые ресурсы. При этом SCADA-система, встроенная в модуль Simatic WinCC, позволяет обеспечить весь функционал известных SCADA-систем, таких как InTouch, Trace Mode, MasterSCADA, которые поставляются на рынок как отдельные программные решения.

Интуитивно понятный графический язык функциональных блоков FBD, использованный для создания управляющей программы и программирования ПЛК, позволил максимально использовать компетенции сотрудников кафедры автоматизации технологических процессов ГГНТУ в области проектирования схем автоматизации на основе «жесткой» логики и булево-алгебры. Это позволило оптимизировать ресурсы, используя имеющийся кадровый потенциал университета без привлечения опытных программистов.

Опытная эксплуатация Ханкальской геотермальной станции с 2014 года по 2018 год и промышленная эксплуатация по настоящее время, включая постоянное обновление используемых в АСУТП программных продуктов, выявление и устранение программных ошибок, изменение ряда технологических уставок, подтвердили высокую эффективность и рациональность выбранных схемных и программно-аппаратных решений.

Касательно программной части проекта следует отметить, что выполненные в ходе эксплуатации станции доработки управляющей программы также подтвердили правильность выбранных программных решений, включая выбор языков программирования как с точки зрения удобства, так и функциональности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заурбеков Ш. Ш., Минцаев М. Ш., Шаипов А. А., Лабазанов М. М., Черкасов С. В. Пилотная геотермальная станция: возможности получения экологически чистой энергии // Экология производства. 2016. №2. С. 63-67.
2. Заурбеков Ш. Ш., Минцаев М. Ш., Лабазанов М. М., Черкасов С. В., Бутузов В. В. Результаты разработки технического проекта для пилотной геотермальной станции на Ханкальском месторождении Чеченской Республики // GEOENERGY. Материалы Между-

- народной научно-практической конференции / Редколлегия: Таймасханов Х.Э., Малышев Ю.Н., Минцаев М.Ш. 2015. С. 68-77.
3. *Zaurbekov S.S., Mintsaeв M.S., Shaipov A.A., Labazanov M.M., Cherkasov S.V.* The results of the construction project design of a pilot geothermal station with a circulation loop of heat extraction at the Khankala deposit of the Chechen Republic // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015. Т. 6. №3. С. 1941-1949.
 4. *Минцаев М.Ш., Хакимов З.Л., Лабазанов М.А.* Автоматизированная система управления Ханкальской геотермальной станцией с циркуляционной схемой отбора глубинного тепла Земли – образовательный аспект // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. 2022. №1 (213). С. 31-36.
 5. *Плукхин А.В., Минцаев М., Исаева М.Р., Пашаев В.В., Лабазанов М.А.* PCM of experimental-industrial geothermal station with circulating scheme of heat abstraction at Khankala deposit of the Chechen Republic // *Ecology, Environment and Conservation*. 2015. Т. 4. С. 36.
 6. *Илюхин А.В., Минцаев М.Ш., Исаева М.Р., Пашаев В.В., Лабазанов М.А.* АСУТП опытно-промышленной геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора тепла на Ханкальском месторождении Чеченской Республики // *GEOENERGY. Материалы Международной научно-практической конференции / Редколлегия: Таймасханов Х.Э., Малышев Ю.Н., Минцаев М.Ш.* 2015. С. 233-240.
 7. *Лабазанов М.А., Шухин В.В.* SCADA-СИСТЕМА для геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора тепла на Ханкальском месторождении // *GEOENERGY. Материалы II Международной научно-практической конференции*. 2016. С. 12-18.
 8. *Лабазанов М.А., Исаева М.Р., Барзаева М.А., Хатаев Ю.К.* Особенности разработки операторского интерфейса АСУТП для опытно-промышленной геотермальной станции в SCADA-системе TRACE MODE 6.0 // *Компьютерные технологии и телекоммуникации КТиТК-2014 / Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д.Миллионщикова*. 2014. С. 124-132.
 9. *Минцаев М.Ш., Хакимов З.Л., Лабазанов М.А.* Программирование логических контроллеров фирмы Siemens. Лабораторный практикум. Грозный, 2021.
 10. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500 STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal. Базовое системное руководство 11/2015.
 11. SIMATIC STEP 7 Basic V14 SP1 System Manual 4/2017
 12. SIMATIC WinCC WinCC Basic V14 SP1 System Manual 3/2017
 13. Сименс – официальный сайт: [Электронный ресурс]. URL: <https://new.siemens.com> (Дата обращения: 08.02.2022).

AUTOMATED CONTROL OF A GEOTHERMAL PLANT: THE CHOICE OF SOFTWARE TOOLS ON THE EXAMPLE OF THE KHANKALA GEOTHERMAL PLANT

© ¹M. Sh. Mintsaeв, ¹Z. L. Khakimov, ¹M. A. Labazanov,
²V. I. Marsov, ²A. V. Ilykhin

¹*GSTOU named after M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia*

²*Moscow Road Institute, Moscow, Russia*

The article provides a general description of the automated process control system (APCS) of a geothermal station operating at the Khankala field with a circulating scheme for extracting the deep heat of the Earth.

The structure of the automated process control system as a classical three-level system with a description of the structure and functionality of various levels is given.

A brief review of the available basic and specialized software for the development of various subsystems of process control systems was carried out and the choice of the most optimal and rational software solutions was substantiated.

A review is carried out, comparative characteristics of a number of programming languages of the IEC 61131-3 standard are given, and the rationale for choosing the FBD language for creating a control program is given.

In conclusion, it is noted that the pilot and industrial operation of the Khankala geothermal station confirmed the effectiveness and reliability of the selected circuit and software and hardware solutions.

Keywords: geothermal plant, geothermal plant automation, programming languages, TIA Portal

REFERENCES

1. Zaurbekov, Sh. Sh., Mintsaeв, M. Sh., Shaipov, A. A., Labazanov, M. M. and Cherkasov, S. V. (2016) 'Pilotnaya geotermal'naya stantsiya: vozmozhnosti polucheniya ekologicheskoi chistoi energii'. *Zhurnal «Ekologiya proizvodstva»*. [Pilot geothermal plant: opportunities for obtaining clean energy. Journal "Ecology of production"]. №2. S. 63-67.
2. Zaurbekov, Sh. Sh., Mintsaeв, M. Sh., Labazanov, M. M., Cherkasov, S. V. and Butuzov, V. V. (2015) 'Rezul'taty razrabotki tekhnicheskogo proekta dlya pilotnoi geotermal'noi stantsii na Khankal'skom mestorozhdenii Chechenskoi respubliki'. *V sbornike: GEOENERGY. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Redkollegiya: Taimaskhanov Kh.E., Malyshev Yu. N., Mintsaeв M. Sh., pp. 68-77.
3. Zaurbekov, S. S., Mintsaeв, M. S., Shaipov, A. A., Labazanov, M. M. and Cherkasov, S. V. (2015) 'The results of the construction project design of a pilot geothermal station with a circulation loop of heat extraction at the Khankala deposit of the Chechen Republic'. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. Vol. 6. №3. Pp. 1941-1949.
4. Mintsaeв, M. Sh., Khakimov, Z. L. and Labazanov, M. A. (2022) 'Avtomatizirovannaya sistema upravleniya Khankal'skoi geotermal'noi stantsiei s tsirkulyatsionnoi skhemoi otbora glubinnogo tepla Zemli – obrazovatel'nyi aspekt'. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*. [Automated control system of the Khankala geothermal station with a circulating scheme for extracting the deep heat of the Earth – an educational aspect. News of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical science]. №1 (213). Pp. 31-36.
5. Ilyukhin, A. V., Mintsaeв, M., Isayeva, M. R., Pashayev, V. V. and Labazanov, M. A. (2015) PCM of experimental-industrial geothermal station with circulating scheme of heat abstraction

- at Khankala deposit of the Chechen Republic/ Ecology, Environment and Conservation. Vol. 4. P. 36.
6. Ilyukhin, A. V., Mintsaeв, M. Sh., Isaeva, M. R., Pashaev, V. V. and Labazanov, M. A. (2015) ASUTP opыtno-promыshlennoi geotermal'noi stantsii s tsirkulyatsionnoi skhemoi otbora tepla na Khankal'skom mestorozhdenii Chechenskoй Respubliki. V sbornike: GEOENERGY. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [APCS of a pilot industrial geothermal station with a circulating heat extraction scheme at the Khankala field of the Chechen Republic. In the collection: GEOENERGY. Materials of the International scientific-practical conference]. Redkollegiya: Taimaskhanov Kh. E., Malyshev Yu. N., Mintsaeв M. Sh. Pp. 233-240.
 7. Labazanov, M. A. and Shukhin, V. V. (2016) SCADA-SISTEMA dlya geotermal'noi stantsii s tsirkulyatsionnoi skhemoi otbora tepla na Khankal'skom mestorozhdenii. V sbornike: GEOENERGY. *Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [SCADA-SYSTEM for a geothermal plant with a circulating heat extraction scheme at the Khankala field. In the collection: GEOENERGY. Materials of the II International Scientific and Practical Conference]. Pp. 12-18.
 8. Labazanov, M. A., Isaeva, M. R., Barzaeva, M. A. and Khataev, Yu. K. (2014) 'Osobennosti razrabotki operatorskogo interfeisa ASUTP dlya opыtno-promыshlennoi geotermal'noi stantsii v SCADA-sisteme TRACE MODE 6.0'. V sbornike: *Komp'yuternye tekhnologii i telekommunikatsii KTITK-2014. Groznenskiy gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet im. M. D. Millionshchikova*. [Features of the development of an operator interface for a process control system for a pilot geothermal plant in the TRACE MODE 6.0 SCADA system. In the collection: Computer technologies and telecommunications KTITK-2014. Grozny State Oil Technical University M. D. Millionshchikov]. Pp. 124-132.
 9. Mintsaeв, M. Sh., Khakimov, Z. L. and Labazanov, M. A. (2021) Programmirovaniye logicheskikh kontrollerov firmy Siemens. Laboratornyi praktikum. [Programming logic controllers from Siemens. Laboratory workshop]. Grozny.
 10. Rukovodstvo po programmirovaniyu S7-1200/S7-1500 STEP 7 (TIA Portal) i STEP 7 Safety v TIA Portal. Bazovoe sistemnoe rukovodstvo 11/2015.
 11. SIMATIC STEP 7 Basic V14 SP1 System Manual 4/2017
 12. SIMATIC WinCC WinCC Basic V14 SP1 System Manual 3/2017
 13. Simens – ofitsial'nyi sait, available at: <https://new.siemens.com> (Accessed 08.02.2022).

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА МОБИЛЬНОЙ СЕТИ 5G

© Л. К. Хаджиева, А. Б. Чадаева

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Рост мобильных данных настолько значителен, что различные ресурсы, связанные с мобильной сетью, нуждаются в более эффективных механизмах управления и совместного использования. Технология виртуализации беспроводной сети представляет собой эффективный метод распределения и совместного использования ресурсов, введенный и пересмотренный в соответствующих спецификациях мобильной сети пятого поколения. В этой статье представлены основные концепции и технологии виртуализации беспроводных сетей, рассмотрены различные инновации и достижения НИОКР, основанные на технологии виртуализации беспроводной сети, и берем реальную проблему виртуализации ресурсов беспроводной сети и распределения ресурсов в качестве примера, чтобы дополнительно проанализировать, как исследователи изучают и решают эту проблему. Также в данной статье представлена идея оптимизации схемы BL, которую мы предлагаем на основе технологии сегментации требований к ресурсам и агрегации несущих.

Ключевые слова. Виртуализация беспроводной сети (WNV), технология, Virtual Private Network, радиоресурс, множественный доступ, частотное разделение, временное разделение, мультиплексирование.

Согласно аналитике компании Cisco, глобальный мобильный трафик данных, как ожидается, будет быстро увеличиваться. При таком растущем спросе на использование мобильных данных необходим более эффективный механизм управления ресурсами и обмена ими. Виртуализация беспроводной сети (WNV) является многообещающим способом, рассматриваемым в спецификациях 5G. В статье представлены характеристики и некоторые популярные технологии для виртуализации беспроводной сети. Также рассмотрены некоторые проблемы WNV и предшествующие исследования. В качестве примера для изображения проблемы совместного использования ресурсов WNV взята проблема внедрения виртуальной сети с алгоритмом левого нижнего угла (BL). Принимая во внимание возможность разделения блоков запросов и функций агрегации несущих (CA), мы предлагаем BL-подобный механизм. Расчетные показатели в предложенной нами схеме наглядно демонстрируют превосходство алгоритма BL.

Основываясь на тенденции к быстрому росту данных в мобильных сетях в последние

годы, компания Cisco указала в официальном документе о прогнозе роста глобальной передачи данных в мобильных сетях [1]. Эффективное управление сетевыми ресурсами и их совместное использование, за счет которых значительно снижаются капитальные затраты производителей и эксплуатационные расходы, связанные с этим вопросы привлекли внимание со стороны представителей промышленности и исследований.

Виртуализация – распространенный и эффективный метод распределения и совместного использования ресурсов. Путем виртуализации физических ресурсов (включая вычислительную мощность ЦП, память, пространство для хранения, пропускную способность сети и т. д.) можно реализовать функцию совместного использования и распределения ресурсов, начиная от одного ресурса компьютера и заканчивая межсетевыми и межцентровыми данными. Основываясь на приведенной выше концепции виртуализации сети, стандартные схемы организации можно классифицировать так: связанные с мобильными сетями 5-го поколения (5-е поколение, 5G), такие как METIS, IETF и ETSI

[2, 8] и т. д.), сеть RAN, опорная сеть, подсистема IP-мультимедиа (подсистема IP-мультимедиа; IMS), домашние и корпоративные сети и др. Ожидается, что будет создана более гибкая и эффективная сетевая архитектура для будущей мобильной сети 5G, тем самым предоставляя большему количеству мобильных пользователей более высокую пропускную способность, лучшую производительность передачи и сетевые услуги, поддерживающие более высокие скорости мобильной связи [1].

На рисунке 1 показаны две основные функции виртуализации беспроводной/радиосети: абстрагирование сетевых ресурсов (технология абстрагирования, также известная как единая RAN в некоторых исследованиях); изоляция (изоляция также известна как сегментация ресурсов (срезы) в некоторых исследованиях).

Абстракция сетевых ресурсов направлена на преобразование различных сетей беспроводного доступа на нижнем уровне в единый пользовательский интерфейс для предоставления услуг приложений на верхнем уровне. Приложению верхнего уровня не нужно настраивать режим использования из-за изменения базовой технологии доступа к беспроводной сети (технология радиодоступа (RAT), такая как LTE или Wi-Fi). Поэтому, пока беспроводная сеть все еще существует, пользователь не будет испытывать потребности в переключении сети, изменениях и неудобствах (как прерывание службы приложений и повторное подключение и т. д.). Изоляция сетевых ресурсов дает возможность разделить сетевые ресурсы в соответствии с различными требованиями (разные службы приложений, разные уровни обслуживания (качество обслуживания, QoS) или разные сетевые операторы и т. д.), а затем получить сетевые ресурсы, которые будут распределяться, корректироваться и совместно использоваться в соответствии с потребностями использования.

Поскольку технология виртуализации компьютерных и физических сетевых ресурсов исследовалась десятилетиями, уже запущено множество зрелых технологий и достижений, таких как виртуальная машина (Virtual Machine VM), виртуальная частная сеть (Virtual Private

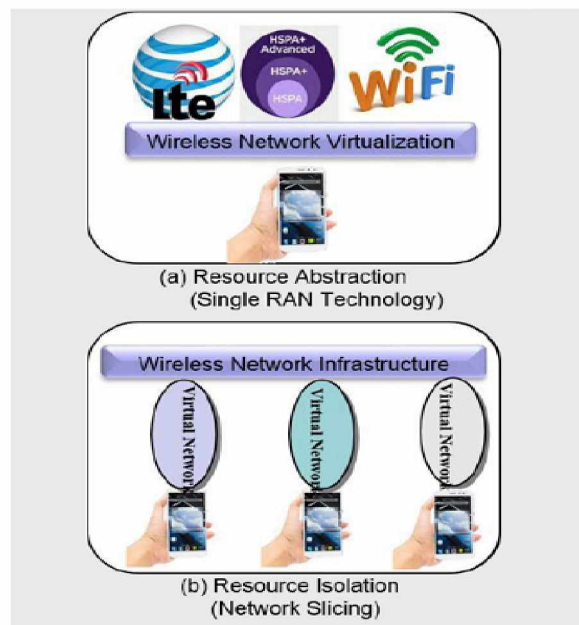


Рис. 1. Технология виртуализации беспроводной сети

Network VPN), виртуальная локальная сеть (VLAN) или программно-определяемая сеть (SDN). Когда выдвигаются требования к виртуализации и спецификации мобильной сети, крупные производители оборудования (такие как NEC, Alcatel Lucent, Cisco и Ericsson), операторы и новые разработчики программного обеспечения достаточно оперативно запускают собственные решения виртуализации базовой сети или прототипы проверки [2, 3, 4].

По сравнению с технологией виртуализации физических сетевых ресурсов, которая в течение многих лет аккумулировала исследовательскую энергию, технология виртуализации беспроводных/радиоресурсов все еще находится в зарождающемся состоянии, которой еще предстоит решить множество серьезных проблем, таких как улучшение скудных ресурсов беспроводного спектра по сравнению с ресурсами ЦП и памяти виртуальных машин, требующими более эффективных методов управления и распределения. По сравнению с традиционной проводной сетью и аппаратными ресурсами, режим беспроводной передачи с широкополосным характером легко вызывает взаимные помехи. Поэтому абстрагирование, изоляция или устранение помех ресурсов беспроводной сети являются более сложными, взаимосвязанными и нерешенными проблема-

ми. Что касается изоляции беспроводных ресурсов, существует взаимосвязь между самой изоляцией и эффективностью использования ресурсов, а также в оценке потребления ресурсов, вызванное различными источниками помех, встречающимися в практических приложениях.

В статье в качестве примера рассматривается проблема виртуализации и выделения беспроводных ресурсов, для получения наиболее оптимальной информации о том, как соответствующие исследователи анализируют и обобщают эту проблему, преобразуют ее в традиционную задачу, а затем используют алгоритм Нижнего левого (BL) для решения проблемы, а также предложение решения проблемы на примере оптимизации на основе схемы BL. С помощью такого пошагового подхода представлена технология и концепция виртуализации беспроводных сетей в полном объеме [4, 5]. В части внедрения беспроводной виртуальной сети объясняются идеи ранних исследователей по решению проблемы виртуализации беспроводных ресурсов, а также существующие методы оптимизации и результаты [6].

Виртуализация беспроводной сети. Как упоминалось выше, по сравнению с виртуализацией проводных сетей и компьютеров, которая разрабатывалась десятилетиями, виртуализация беспроводных сетей является относительно новой. В дополнение к тому факту, что ресурсы спектра беспроводной сети относительно ограничены, в отличие от аппаратных устройств, таких как ЦП или память, которые можно постоянно увеличивать, спрос в первое время не был очевиден [7]. Основная причина потребности в виртуализации сети заключается в изоляции ресурсов, точнее в том, чтобы каждая виртуальная сеть не мешала друг другу.

Однако добиться изоляции сложнее из-за особенностей беспроводного вещания. В текущем относительно небольшом количестве исследований, связанных с виртуализацией беспроводной сети, более значимые и доступные концепции изоляции ресурсов беспроводной сети включают множественный доступ с временным разделением (TDMA), хранение с

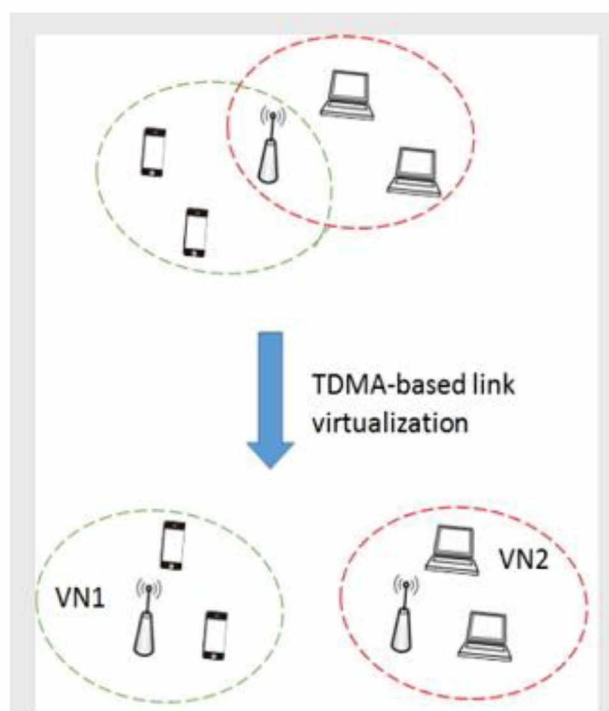


Рис. 2. Схематическая диаграмма виртуализации каналов с множественным доступом с разделением времени

множественным доступом с частотным разделением (множественный доступ с частотным разделением FDMA) и множественный доступ с кодовым разделением (CDMA) – три технологии. В настоящее время разработано множество технологий виртуализации беспроводных сетей, основанных на вышеуказанных концепциях, и область применения включает различные системы беспроводных сетей, такие как Wi-Fi, Wi-MAX и LTE. В качестве примера возьмем SplitAP [3], в которой точка доступа Wi-Fi виртуализирована в две сети с использованием мультиплексирования с разделением времени, как показано на рисунке 2.

При последовательной виртуализации сетей и применении подходящего аппаратного обеспечения виртуализация может распространяться и на глобальную сеть, то есть охватывать маршрутизаторы, подключенные к Интернету. Технология расширенной маршрутизации и продвижения (Advanced Routing and Forwarding, ARF), позволяет осуществлять такую виртуализацию (рисунок 3). С ее помощью из одного маршрутизатора можно создать до 64 логических – виртуальных – машин [8].

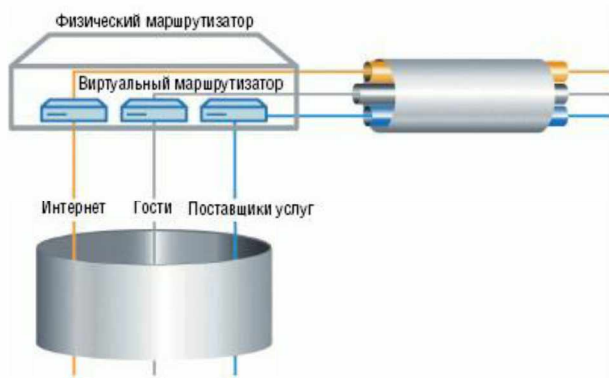


Рис. 3. Последовательная виртуализация сети [8]

В этом методе используется концепция разделения пользователей разных интернет-провайдеров на различные группы с последующим назначением разных периодов доступа отдельным группам для достижения цели изоляции виртуальной сети. Изоляция между виртуальными сетями может обеспечить совместное использование одного и того же физического устройства, но каждая виртуальная сеть чувствует, что она используется только сама по себе. Преимущество этого в том, что вы можете выполнять разные настройки в отдельных виртуальных сетях. Однако, помимо необходимости модификации существующего драйвера точки доступа Wi-Fi на практике, этот метод также сталкивается с неточностями прогнозирования, такими как задержка, вызванная переключением полосы частот, чрезмерным или недостаточным выделением ресурсов и т.д. Помимо преимуществ совместного использования ресурсов с помощью технологии виртуализации, виртуальные сети изолированы друг от друга, а новые технологии позволяют тестировать одновременно, чтобы ускорить оценку и внедрение. Тестовая платформа ORBIT, рассмотренная для исследования сетей следующего поколения, использует технологию виртуализации, позволяющую выполнять множество проектов одновременно без помех [9].

К исследованию виртуализации можно подходить с разных точек зрения. В системе LTE-Advanced виртуализация спектра достигается за счет агрегации несущих (Carrier Aggregation; CA). Предполагая, что пользователь получает полосу пропускания 15 МГц, в

дополнение к тому, что ему напрямую выделяется вся полоса пропускания непрерывной полосы частот, на самом деле получение этой полосы частот, скорее всего, будет достигнуто за счет использования виртуализации агрегации несущих.

Встраивание беспроводной виртуальной сети в будущей бизнес-модели Интернета, вероятнее всего, будет более разделенной функцией. Поставщик инфраструктуры (InP) в основном отвечает за распределение ресурсов для удовлетворения требований оператора виртуальной сети (VNO), а оператор концентрируется на предоставлении услуг своим потребителям, как показано на рисунке 4. Черный блок является ресурсом, который не может быть использован данным InP (например, он принадлежит другому InP). Этот InP распределяет свои ресурсы в соответствии с требованиями передачи, учитывая при этом требования ресурсов VN1 для VNO1 для использования агрегации несущих. Инфраструктурный провайдер InP должен максимально использовать свои возможности, чтобы избежать излишних трат. Решение такой проблемы называется встраиванием виртуальной сети [10].

Для общего распределения частотно-временных ресурсов задача упаковки пакетов превращается в задачу набора двумерных прямоугольников, как показано на рис. 5. Например, требование передачи VN2 включает в себя 4 периода времени (единицы времени), и каждый период времени должен передавать данные 2 единиц ширины полосы. Для решения этой проблемы можно использовать алгоритм Bottom-Left (BL), который отличается низкой сложностью реализации и хорошей производительностью. Однако, поскольку алгоритм BL используется для решения проблемы встраивания беспроводной сети, рассматривается только прямое выделение всего ресурса, а требования к ресурсам (блоки запросов) не учитываются и не передаются по технологии агрегации несущих, поэтому предлагаемый алгоритм основан на принципе BL, что делает его приемлемым для выделения ресурсов фрагментам и использования технологии агре-

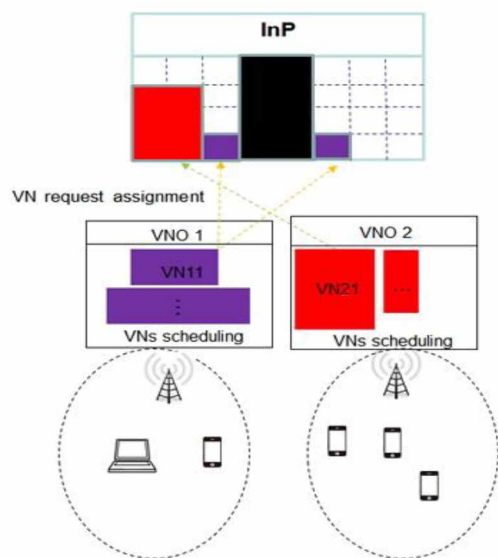


Рис. 4. Взаимодействие между операторами виртуальных сетей и поставщиками инфраструктуры

гации несущих. Данный принцип сегментации заключается в том, что при использовании агрегации несущих, если одна и та же потребность в ресурсах должна быть разделена на два блока, то они должны быть встроены в один и тот же период передачи.

Все требования к ресурсам располагаются в порядке убывания в соответствии с размером требуемой единицы времени (т. е. количеством сеток оси времени) для определения порядка внедрения. При встраивании в первую очередь необходимо подтвердить, может ли доступный фрагментный блок быть интегрирован в пространство, достаточное для удовлетворения спроса, с использованием технологии агрегации несущих. Если такая возможность есть, то необходимо разделить требования к ресурсам и вставить две полосы частот. Или наоборот, в случае недостаточности ресурсов сегментного блока для удовлетворения запроса необходимо поставить в очередь запрос в следующий временной интервал, который может встроить запрос для передачи, и повторить два вышеуказанных шага, чтобы определить позицию внедрения [11].

Встроенное планирование совокупных требований к ресурсам выполняется каждые 10 единиц времени, при котором InP предоставляет 20 единиц частоты для распределения. Ге-

нерация требований к ресурсам представляет собой процесс Пуассона, в котором его средняя скорость поступления, исчисляется в единицу времени. Размер требований к ресурсам равномерно распределен, а время и частота варьируются от 2 до 6 единиц. Неиспользуемые ресурсы не фиксируются в своем расположении и занятых ресурсах, а генерируются случайным образом с помощью распределения Пуассона, для которого среднее число равно 6, а их местоположение генерируется случайным образом.

На рисунке 6 показано сравнение предложенного нами метода с VL с точки зрения использования ресурсов. Данные показывают, что по сравнению с исходным методом VL рассмотренный метод действительно дает лучшие результаты, а эффективность использования ресурсов повышается примерно на 18%. Однако некоторые факторы, которые необходимо учитывать, неизбежно встречаются в практических приложениях. Как показано на рисунках 4 и 5, встроенная система может применяться для интеграции и совместного использования ресурсов между сетями и операторами. Однако оценка потребностей в ресурсах – это влияние общих ресурсов и помех, которое характеризуется комплексно (рассмотрение веса и приоритета каждого ресурса при распределении ресурсов, корректировка и применение периода планирования, компромисс между справедливостью и общей эффективностью и учет соседских помех). Прежде чем технология виртуализации беспроводной сети сможет быть реализована на практике, предстоит решить еще много проблем.

Вывод. В данной статье представлена технология виртуализации беспроводной сети, предлагаемая и продвигаемая мобильной сетью пятого поколения. Его концепция включает две основные проблемы: абстрагирование и изоляцию сетевых ресурсов. Рассмотрены детально три основные технологии исследования виртуализации беспроводных сетей, включая доступ с временным мультиплексированием, доступ с частотным мультиплексированием и доступ с кодовым разделением каналов, а также вводится механизм совместного использования ресурсов Wi-Fi, основанный на

вышеуказанных концепциях. Проанализированы возникающие проблемы виртуализации и распределения беспроводных ресурсов, чтобы определить эффективные технологии и методы преобразования этих задач в традиционные задачи упаковки пакетов для их решения с помощью оптимального алгоритма. Метод оптимизации, предложенный в этой статье, нацелен на повышение производительности механизма VL после рассмотрения спроса и распределения ресурсов и технологии агрегации несущих. Доказательная база исследования показывает, что предлагаемый метод действительно позиционирует более высокий уровень производительности при фрагментарном использовании ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хаджиева Л. К., Хаджиев М. Р., Исраимова А. Т. Концепция систем ИОТ для сельскохозяйственных услуг с высокой степенью автономии // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XVII. №3 (25). Грозный, 2021.
2. Хаджиева Л. К., Хаджиев М. Р., Хашумов И. У. Перспективы внедрения технологии 5G и взаимодействие с системой «УМНЫЙ ДОМ» // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XVII. №4 (26). Грозный, 2021.
3. Хашумов И. У., Хаджиев М. Р., Мальцагов Х. Х. Информационная безопасность и уязвимости ИОТ // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XVI. №2 (20). Грозный, 2020.
4. Алисултанова Э. Д., Моисеенко Н. А. Технологии формирования виртуального лабораторного практикума // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XVI. №4 (20). Грозный, 2020.
5. Моисеенко Н. А., Джабраилов И. С. Проектирование информационной системы управления организацией: необходимость современности // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. №2 (16). Грозный, 2019.
6. Хаджиева Л. К., Мальцагов Х. Х. Анализ технологии «Интернет вещей» (ИОТ) и ее роль в «Умном доме» // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. №4 (18). Грозный, 2019.
7. Хасамбиев И. В., Тасуева Х. Х. Инфокоммуникационные технологии как системы управления объектом // Вестник ГГНТУ. Технические науки. Том XV. №4 (18). Грозный, 2019.
8. <https://www.osp.ru/lan/2010/11/13005564>
9. Хаджиев М. Р., Хаджиева Л. К., Пайзулаева Р. Т., Мажитова З. Д. Защита беспроводной сети передачи данных // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2021» с международным участием ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова» [Protection of the wireless data transmission network // Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists «MILLIONSCHIKOV-2021» with international participation FSBEI HE «GGNTU im. acad. M. D. Millionshchikov»]. Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, 18-20 мая 2021 г.
10. Хаджиев М. Р., Ахмадова С. А., Первушевский А. А. Проектирование защищенной сети IP видеонаблюдения объекта с использованием беспроводных технологий // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2021» с международным участием ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова». Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, 18-20 мая 2021 г.
11. Хаджиева Л. К., Элиханов М. Ш. Анализ перспективы внедрения технологии 5G и реализации ее возможностей для проектирования системы «УМНЫЙ ДОМ» // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МИЛЛИОНЩИКОВ-2021» с международным участием ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова». Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, 18-20 мая 2021 г.

5G MOBILE NETWORK WIRELESS VIRTUALIZATION

© L. K. Khadzhieva, A. B. Chadaeva

GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The growth of mobile data is so significant that the various resources associated with the mobile network need better management and sharing mechanisms. Wireless network virtualization technology is an efficient resource allocation and sharing method introduced and revised in the related fifth generation mobile network specifications. This article introduces the main concepts and technologies of wireless network virtualization, discusses various innovations and R&D achievements based on wireless network virtualization technology, and takes the real problem of wireless network resource virtualization and resource allocation as an example, to further analyze how researchers study and solve this problem. This article also presents the idea of optimizing the BL scheme, which we propose based on the technology of segmentation of resource requirements and carrier aggregation.

Keywords. Wireless network virtualization (WNV), technology, Virtual Private Network, radio resource, multiple access, frequency division, time division, multiplexing.

REFERENCES

1. Khadzhieva, L. K., Khadzhiev, M. R. and Israkhimova, A. T. (2021) 'Kontseptsiya sistem IOT dlya sel'skokhozyaistvennykh uslug s vysokoi stepen'yu avtonomii'. *Zhurnal «Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»*. [The concept of IOT systems for agricultural services with a high degree of autonomy. Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XVII, 3 (25), Grozny.
2. Khadzhieva, L. K., Khadzhiev, M. R. and Khashumov, I. U. (2021) 'Perspektivy vnedreniya tekhnologii 5G i vzaimodeistvie s sistemoi «UMNYI DOM»'. *«Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»*. [Prospects for the introduction of 5G technology and interaction with the SMART HOUSE system. Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XVII, 4 (26), Grozny.
3. Khashumov, I. U., Khadzhiev, M. R. and Mal'tsagov, Kh. Kh. (2020) 'Informatsionnaya bezopasnost' i uyazvimosti IOT'. *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»* [Information security and IOT vulnerabilities. Herald of GSTOU. Technical science]. Vol. XVI, 2 (20), Grozny.
4. Alisultanova, E. D. and Moiseenko, N. A. (2020) 'Tekhnologii formirovaniya virtual'nogo laboratornogo praktikuma' *«Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»*. [Technologies for the formation of a virtual laboratory workshop. Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XVI, (20), Grozny.
5. Moiseenko, N. A. and Dzhabrailov, I. S. (2019) 'Proektirovanie informatsionnoi sistemy upravleniya organizatsiei: neobkhodimost' sovremennosti'. *«Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»* [Designing an information system for managing an organization: the need for modernity. Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XV, 2 (16), Grozny.
6. Khadzhieva, L. K. and Mal'tsagov, Kh. Kh. (2019) 'Analiz tekhnologii «Internet veshchei» (IOT) i ee rol' v «Umnom dome»'. *«Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»*. [Analysis of the technology "Internet of Things" (IOT) and its role in the "Smart Home". Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XV, 4 (18), Grozny.
7. Khasambiev, I. V. and Tasueva, Kh. Kh. (2019) 'Infokommunikatsionnye tekhnologii kak sistemy upravleniya ob'ektom'. *Vestnik GGNTU. Tekhnicheskie nauki»* [Infocommunication technologies as object management systems. Herald of GSTOU. Technical sciences]. Vol. XV, 4 (18), Grozny.
8. Available at: <https://www.osp.ru/lan/2010/11/13005564>
9. Khadzhiev, M. R., Khadzhieva L. K., Paizulaeva R. T. and Mazhitova, Z. D. (2021) 'Zashchita besprovodnoi seti peredachi dannykh'. *Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «MILLIONShchIKOV-2021» s*

- mezhdunarodnym uchastiem FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshchikova», Rossiya, Chechenskaya Respublika, g. Groznyi, 18-20 maya 2021g.*
10. Khadzhiev, M. R., Akhmadova, S. A. and Pervushevskii, A. A. 'Proektirovanie zashchishchennoi seti IP videonablyudeniya ob"ekta s ispol'zovaniem besprovodnykh tekhnologii'. *Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Millionshchikov-2021» s mezhdunarodnym uchastiem FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshchikova», Rossiya, Chechenskaya Respublika, g. Groznyi, 18-20 maya 2021 g.* [Protection of the wireless data transmission network. Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Millionshchikov-2021" with international participation FSBEI HE "GGNTU im. acad. M. D. Millionshchikov].
 11. Khadzhiyeva, L. K. and Elikhanov, M. Sh. (2021) 'Analiz perspektivy vnedreniya tekhnologii 5G i realizatsii ee vozmozhnostei dlya proektirovaniya sistemy «UMNYI DOM»'. *Materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Millioshchkov-2021» s mezhdunarodnym uchastiem FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshchikova», Rossiya, Chechenskaya Respublika, g. Groznyi, 18-20 maya 2021g.* [Analysis of the prospects for the introduction of 5G technology and the implementation of its capabilities for the design of the "SMART HOUSE" system. Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Millionshchikov – 2021" with international participation acad. M. D. Millionshchikov", Russia, Chechen Republic, Grozny, May 18-20, 2021].

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 66.014

DOI: 10.34708/GSTOU.2022.12.78.005

ПРОВОДИМОСТЬ ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

© А. Л. Даудова

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В статье представлены результаты экспериментального исследования удельной электропроводности водных суспензий глинистых минералов, химический состав и средний размер частиц данных суспензий. Представленные результаты исследований позволяют оценить роль каждого из факторов, влияющих на электропроводность – температуру, концентрацию, адсорбцию, коллоидальность, катионную обменную емкость и потенциометрические измерения.

Ключевые слова: бентонит, суспензия, удельная электропроводность, концентрация, химический состав, температура.

Химический состав и кристаллическая структура бентонита обусловили его уникальные наноструктурные свойства, такие как адсорбционные, реологические, вяжущие, моющие, модифицирующие. Поэтому он широко используется в нефтедобыче, литейном производстве, строительстве. Данные связующие используются как в сухом, так и в виде суспензий различной плотности [1-2].

Природа набухания глин еще недостаточно изучена. Однако ясно, что кристаллическая структура, кристаллохимия поверхности и обусловленная ими гидрофильность глинистых минералов в значительной степени определяют характер их набухания [3-5].

Для бентонита месторождения Катаяма и Серноводского месторождения Чеченской Республики проведены отбор образцов, их очистка в процессе отмучивания. Природный бентонит может содержать примеси в виде песка, гипса и других тяжелых частиц. Поэтому очищение глины от примесей, которые снижают её качество, проводят следующим образом. К одному килограмму глины добавляли десять литров воды и отстаивали в течение суток, пе-

риодически перемешивая. При этом происходило измельчение и осаждение песка и других тяжелых частиц. Далее водная суспензия пропускалась через сито 80 мкм и отстаивалась в течение нескольких часов. Далее удаляли воду, а осадок разливали по лоткам и сушили в сушильном шкафу более трех часов при температуре не ниже 120°C. Из полученных таким способом пластин бентонита готовились водные суспензии.

Целью настоящей работы было исследование удельной электропроводности водных суспензий бентонитов месторождений Чеченской Республики. Для сравнения были также исследованы суспензии бентонитов Герпегежского месторождения Нальчикита (Кабардино-Балкария).

Набухаемость бентонита оценивалась по результатам определения удельной электрической проводимости (УЭП), мкСм/см и общей минерализации (ОМ), мг/л в пересчете на хлорид натрия. Исследования проводились на анализаторе АНИОН 4110. Результаты измерений приводились при температуре 296 К (погрешность 0,5 °С). Пределы допускаемой

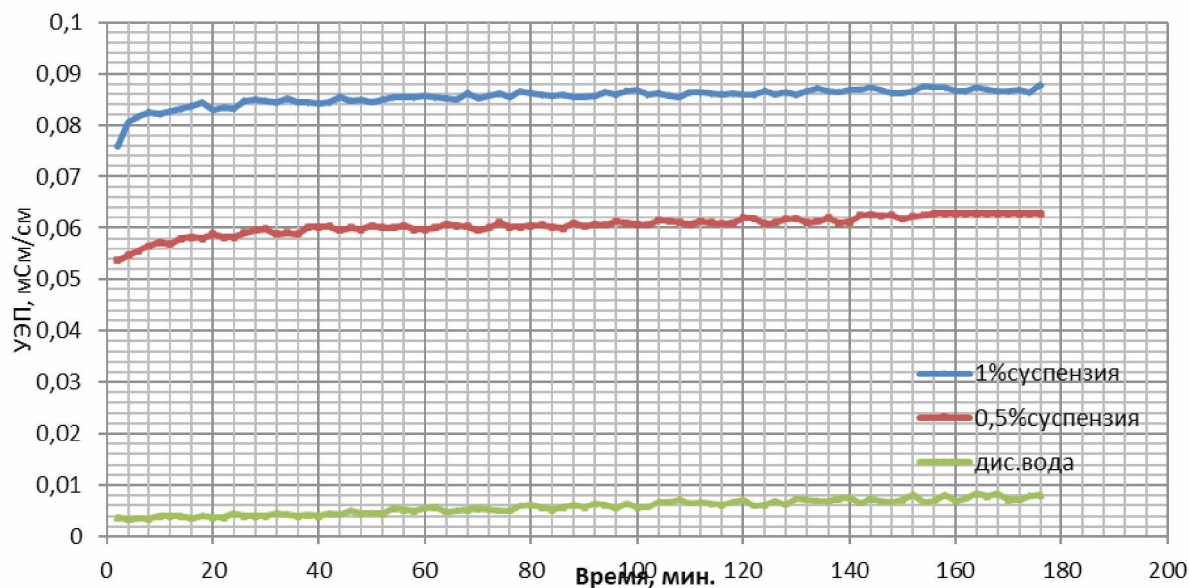


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности дистиллированной воды и суспензий бентонита 0,5% и 1% концентраций от времени перемешивания

абсолютной погрешности измерений удельной электрической проводимости 2%. В опытах использовали пропеллерную мешалку (трехлопастная) типа MM-1000 Overhead Stirrer Mixer.

На рис. 1 показана зависимость изменения удельной электропроводности для дист. воды и водных суспензий бентонита месторождения Катаяма различных концентраций при температуре 296К. Электропроводность

растет с увеличением дисперсной фазы. Так, 1% суспензия более чем на 30% выше, чем 0,5%, т.е. чем выше концентрация, тем выше электропроводность. Связано это с минерализацией суспензии, а вот время перемешивания практически не влияет на электропроводность данных систем.

На рис. 2 видно, что с ростом температуры на каждые 10^0 электропроводность суспензии

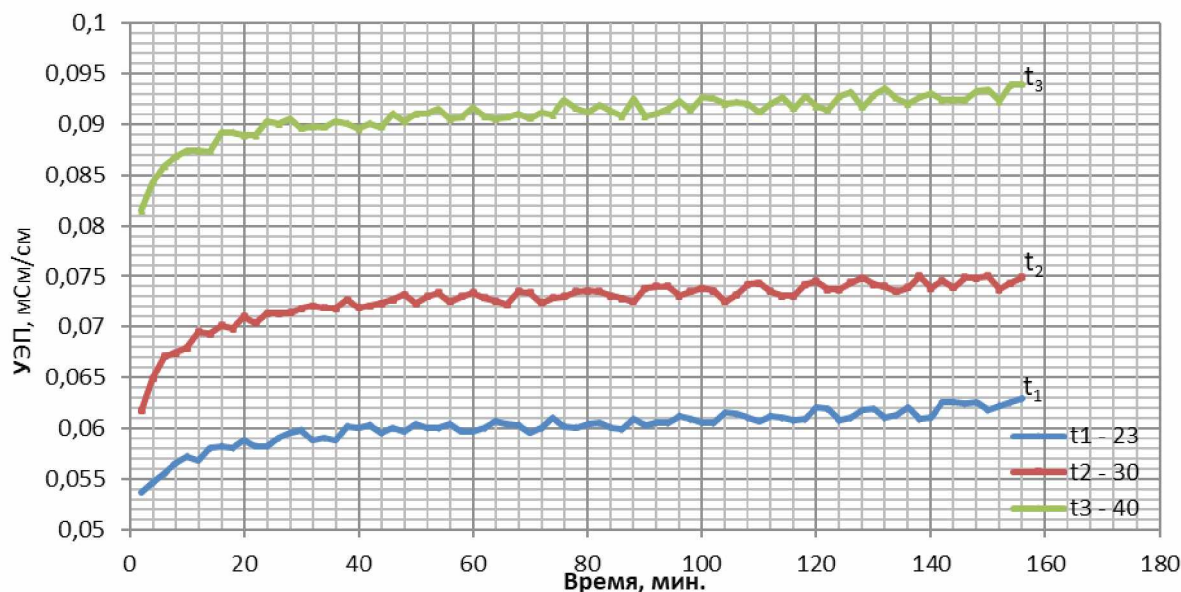


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности 0,5% суспензии бентонита от температуры (23°C, 30°C, 40°C).

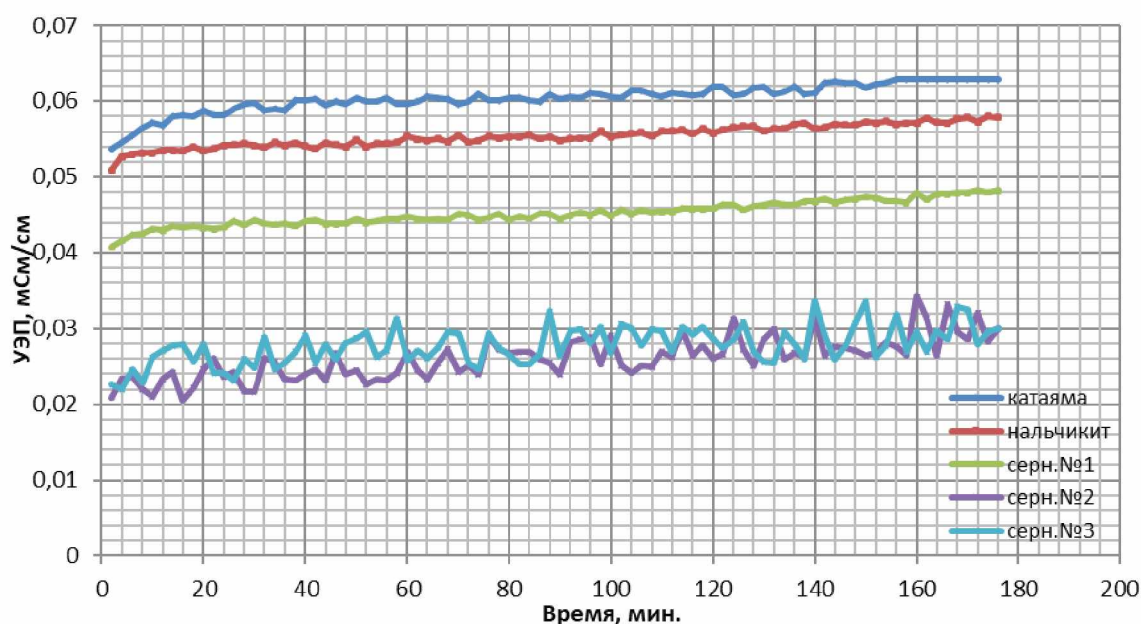


Рис. 3. Зависимость удельной электропроводности 0,5% суспензии бентонита

увеличивается на 25-30%. Это можно объяснить уменьшением вязкости среды и повышением подвижности ионов.

На рис. 3 представлены значения УЭП пяти образцов месторождений: Катаямовского, Серноводского № 1, № 2, № 3, Нальчикита, а на таблице 1 потенциметрические измерения этих суспензий. Электропроводность суспензии Катаямовского месторождения на 13% выше Нальчикита, а электропроводность суспензии Серноводского месторождения ниже, это связано с высоким содержанием кальция в бентоните.

Из данных рис. 3 и табл. 1 следует, что бентонитовые суспензии (Катаямовский и Нальчикит) имеют значительно высокие УЭП и рН. Это можно объяснить лучшими технологическими свойствами этих суспензий, таких

как показатель адсорбции (A мг/г) – 150 и 130, коллоидальность ($K\%$) – 21 и 18, катионная обменная емкость (КОЕ мг/экв. 100г) – 47 и 41 соответственно, тогда как у серноводских месторождений они на порядок ниже.

Для суспензий Катаямовского месторождения проведены эксперименты по определению химического состава образцов с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200i, оснащённого системой энергодисперсионного микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX. Рентгенографический анализ образцов проводили на дифрактометре XRD 6000 Shimadzu ($CuK\alpha$ –излучение, геометрия частиц на отражение) с шагом сканирования $0,1^\circ$, в интервале 2θ 10^0 - 80^0 .

На таблице 2 представлены химический состав нативного бентонита и суспензий, ко-

Таблица 1.

Потенциметрические измерения суспензий бентонита 0,5%

Потенц. измер.	Месторождения				
	Катаяма	Серноводские			Нальчикит
		№ 1	№ 2	№ 3	
рН	9,2	8,85	7,61	7,41	8,88

торые мы брали через каждые 60 мин., затем сушили и проверяли изменение химического состава на электронном микроскопе.

Из таблицы 2 видно, что электропроводность и время перемешивания не влияют на химический состав бентонита, т.е. кристаллическая структура монтмориллонита не трансформируется. В нативном бентоните кремния (ат.%) 21,6, а железа 1,93. Тогда как в высушен-

ных суспензиях кремния 19,0%, железа 1,4%, и на одну-две единицы увеличивается кислород.

Водные суспензии Катаямовского месторождения исследовали с помощью анализатора субмикронных частиц HORIBA LB-550, принцип действия которого основан на анализе динамического рассеяния лазерного света на исследуемых частицах. Он позволяет изме-

Таблица 2.

Химический состав водной суспензии бентонита

Хим. эл. ат%	Нат. бент	Время, мин.											
		0,5%						1%					
		60	120	180	240	300	360	60	120	180	240	300	360
С	1,19	2,11	2,13	1,84	1,65	1,9	1,84	2,09	2,22	2,11	2,12	2,26	2,05
О	63,06	63,43	63,77	65,58	65,48	65,35	65,7	64,9	65,55	65,54	65,49	65,11	65,6
Na	1,01	0,92	0,95	0,83	0,71	0,86	0,84	0,87	0,94	0,86	0,69	0,93	0,86
Mg	1,19	1,58	1,56	1,42	1,45	1,56	1,44	1,22	1,41	1,28	1,19	1,39	1,35
Al	7,16	8,66	8,47	8,27	8,33	8,3	8,4	8,13	7,84	7,91	7,7	8,07	7,93
Si	21,65	19,96	19,9	18,75	18,93	18,9	18,8	19,21	19,01	18,98	19,49	19,32	19,05
К	1,32	1,15	1,18	1,05	1,11	1,08	1,08	1,24	1,1	1,12	1,14	1,06	1,12
Ca	0,69	0,43	0,41	0,36	0,4	0,36	0,36	0,56	0,36	0,3	0,3	0,37	0,33
Ti	0,32	0,23	0,22	0,17	0,2	0,22	0,21	0,2	0,18	0,17	0,19	0,19	0,2
Fe	1,93	1,45	1,36	1,43	1,43	1,42	1,37	1,63	1,39	1,35	1,35	1,3	1,4
Co	0,07	0,08	0,06	0,05	0,04	0,07	0,06	0,05	0,06	0,04	0,07	0,05	0,07

Таблица 3.

Средний размер частиц и динамика суспензий от продолжительности перемешивания

HORIBA	Время, мин.											
	0,5%						1%					
	60	120	180	240	300	360	60	120	180	240	300	360
d, nm	1680	1792	1623	1557	1476	1590	1669	1763	1633	1397	1376	1500
Динамика	1038	1084	1114	1253	1240	1175	1000	1077	1147	1265	1280	1170

ритель размер частиц в диапазоне от 1 до 6000 нанометров при концентрациях твердой фазы от 1 до 40% и температуре от 5 до 70°C. Для получения результата необходимо ввести в программу вязкость суспензии и показатели преломления диспергированной твердой фазы и дисперсионной среды. Показатель преломления для воды принят равным 1,333 и для монтмориллонита 1,504.

Для исследованных нами суспензий (табл. 3) величина η мало изменяется при росте концентрации. Суспензии содержат частицы от 1,68 мкм до 1,4 мкм и динамикой 1000-1250. Время перемешивания влияет на уменьшение размера частиц в районе 100 нм.

В работе исследованы удельная электропроводность, химический состав и размер

частиц суспензий глинистых минералов. Экспериментальные данные показали, что электропроводность в суспензиях повышается с увеличением температуры и концентрации. Другие показатели, как адсорбция, коллоидальность, обменная емкость и потенциометрические измерения, также влияют на данную величину, т.е. чем выше эти показатели, тем выше электропроводность. Причем суспензии Катаямовского месторождения имеют более высокие показатели, чем Нальчикит. Полученные результаты подтвердили перспективность использования бентонита Катаямовского месторождения как в сухом, так и в виде суспензий различной плотности, во многих сферах промышленности, и в частности в нефтедобыче, литейном производстве, строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козин В. В. Бентонитовые глины // Известия вузов. Горный журнал. 2003. №4. С. 47-52.
2. Связанная вода в дисперсных системах. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1970. Вып. 1. 165 с.
3. Сырьевая база бентонитов СССР и их использование в народном хозяйстве. М.: Недра, 1972. 288 с.
4. Мерабишвили М. С. Бентонитовые глины. Состав, свойства, производство, использование / М. С. Мерабишвили. Тбилиси: Мецниереба, 1979. 308 с.
5. Овчаренко Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. Киев: АН УССР, 1961.

CONDUCTIVITY OF AQUEOUS SUSPENSIONS OF CLAY MINERALS

© A. L. Daudova

*Grozny State Oil Technical University named after acad. M. D. Millionshchikov,
Grozny, Russia*

The article presents the results of an experimental study of the specific electrical conductivity of aqueous suspensions of clay minerals, the chemical composition and average particle size of these suspensions. The presented research results allow us to assess the role of each of the factors affecting electrical conductivity – temperature, concentration, adsorption, colloidal, cation exchange capacity and potentiometric measurements.

Keywords: bentonite, suspension, electrical conductivity, concentration, chemical composition, temperature.

REFERENCES

1. Kozin, V. V. (2003) 'Bentonitovye gliny'. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. [Bentonite clays. News of universities. Mining magazine]. №4. Pp. 47-52.
2. Svyazannaya voda v dispersnykh sistemakh. [Bound water in dispersed systems]. M.: Publishing House of Moscow state uni.. 1970. Iss. 1. P. 165.
3. Syr'evaya baza bentonitov SSSR i ikh ispol'zovanie v narodnom khozyaistve. [Raw material base of bentonites of the USSR and their use in the national economy]. M.: Nedra, 1972. P. 288.
4. Merabishvili, M. S. (1979) Bentonitovye gliny. Sostav, svoistva, proizvodstvo, ispol'zovanie. [Bentonite clays. Composition, properties, production, use]. Tbilisi: Metsniereba. P. 308.
5. Ovcharenko, F. D. (1961) Gidrofil'nost' glin i glinistykh mineralov. [Hydrophilicity of clays and clay minerals]. Kiev: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.

КОМПЛЕКС ГИДРОКРЕКИНГА – ОСНОВНОЙ ОБЪЕКТ ПЕРВОГО ЭТАПА МОДЕРНИЗАЦИИ АФИПСКОГО НПЗ

© А. В. Сидоров, Ю. П. Ясьян

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

В данной работе проведен как анализ современных установок гидрокрекинга, так и выбор направления первого этапа модернизации Афипского НПЗ. Проведены технологические расчеты с учетом добавления в поточную схему завода установки гидрокрекинга, стабилизации бензиновой фракции, установки производства серы и установки производства водорода. Внедрение в схему завода нового комплекса гидрокрекинга существенно изменит производственные возможности по глубокой переработке нефти и по выпуску товарной продукции. В статье приводится математический расчет материального баланса, выполнена оценка расходных показателей энергоресурсов.

Ключевые слова: гидрокрекинг, модернизация, переработка, показатели.

Модернизацию Афипского НПЗ предполагается осуществить в два этапа. В данной статье рассматривается первый этап модернизации завода – это дополнение поточной схемы НПЗ современной установкой гидрокрекинга, которая является ключевым из углубляющих нефтепереработку вторичных процессов. На установку гидрокрекинга может подаваться три вида сырья от действующих установок: вакуумный газойль, легкий газойль коксования и тяжелый газойль коксования. Основным сырьем для установки при этом является вакуумный газойль.

В целях соответствия современным экологическим требованиям, предъявляемым к дизельному топливу, необходимо проведение гидроочистки топлив, так как из-за существующих ограничений по содержанию серы в товарных нефтепродуктах практически невозможно достичь качества без вторичных методов переработки [1]. Модернизация Афипского НПЗ с добавлением гидрогенизационных процессов является наиболее эффективным и экономически выгодным решением.

Преимущества современных установок крекинга в присутствии водорода состоят в том, что возможности позволяют перерабатывать широкий ассортимент нефтяного сырья, а гибкость технологического процесса позво-

ляет корректировать технологический режим работы установки, получение широкого ассортимента высококачественных нефтепродуктов путем подбора высокоэффективных катализаторов и технических условий ведения процесса [3-5].

На рисунке 1 представлена типичная схема двухстадийного гидрокрекинга. На схеме представлены два реактора, тяжелый остаток с нижней части колонны поступает в следующий реактор для термического превращения в процессе крекинга. Описанная конфигурация подразумевает 2 варианта: отдельный реактор гидроочистки либо присутствие в реакторах гидрокрекинга разных слоев катализатора гидроочистки. После проведения гидроочистки в реакторах первой ступени, на второй ступени внутри реактора будет отсутствовать аммиак и H_2S . Данное усовершенствование позволит применять высокоэффективные катализаторы, подверженные отравлению каталитическими ядами, такими как соединения серы или азота [6, 7].

Перспективными технологиями гидрокрекинга остаточного сырья занимаются многие лицензиары по всему миру, одним из таких является лицензиар KBR и процесс «Veba Combi Cracker». Данный процесс реализован в России на АО «ТАИФ-НК» [8]. В качестве осново-

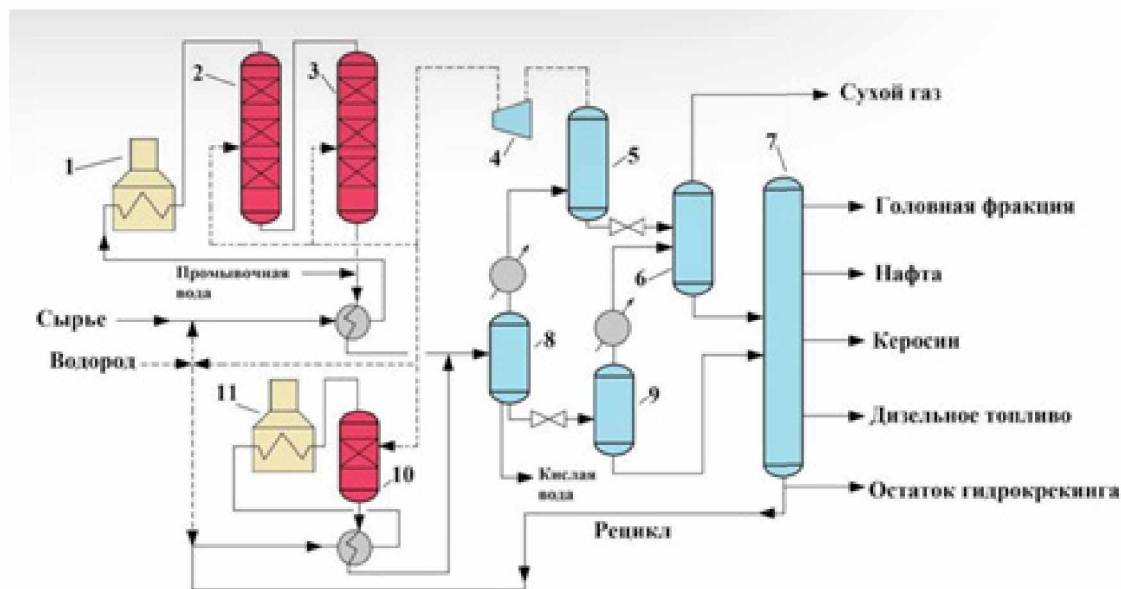


Рис. 1. Схема установки двухступенчатого гидрокрекинга:

1 – печь, 2 – реактор процесса гидроочистки, 3 – реактор процесса гидрокрекинга первой ступени, 4 – компрессор циркулирующего водородсодержащего газа, 5 – сепаратор водородсодержащего газа, 6 – абсорбер, 7 – колонна фракционирования, 8, 9 – сепараторы высокого и низкого давления, 10 – реактор процесса гидрокрекинга второй ступени, 11 – печь

полагающей технологии был выбран процесс Bergius по гидрогенизации угля и с учетом его особенностей изобретен процесс гидрогенизации остаточного сырья. На первой стадии смесь сырья, катализатора (в количестве 1-3%) и водорода, нагретая до 465-480°C, проходит реактор, после чего в горячем сепараторе парообразные продукты отделяют от жидкого остатка, подвергаемого вакуумной flash-дистилляции. Остаток жидких направляют на карбонизацию, а вакуумный отгон и пары продукта из горячего сепаратора гидрируют при 370-420°C в реакторе второй стадии на стационарном катализаторе. При 95%-ной конверсии получили 26,9% нефти, 36,5% среднего дистиллата и 19,9% газойля. Расход водорода составил 345 нм³/т сырья.

Другим основным передовым лицензиаром в области вторичных процессов является несомненно лицензиар Shell Lummus Global, которые предложили гидрокрекинг в кипящем слое LC-Fining. Процесс LC-Fining предназначен для гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья [9]. Промышленная установка LC-fining (производительностью 23 тыс. баррелей в

сутки) была построена компанией Lummus в 2000 г. на НПЗ в Братиславе (Словакия), принадлежавшем компании «Славнефть» [10, 11], схема процесса приведена на рисунке 2.

По технологической схеме сырье и водородсодержащий газ смешиваются в реакторах, в которые загружен катализатор гидрокрекинга. Сверху подается свежий катализатор, а такое же количество отработанного катализатора отводят снизу. За счет движущихся вверх потоков жидкого сырья и ВСГ происходит турбулизация реакционной среды с перемешиванием трехфазной системы, после выдерживания времени реакции гидрогенизат с верха реактора поступает в сепаратор высокого давления, а затем в сепаратор низкого давления. В литературе отмечается достаточно высокое сходство процессов H-Oil и LC-fining [12, 13], показатели технологического режима работы реакторов идентичны [14].

Другим лицензиаром IFP Group разработан процесс H-Oil® в 1960 году фирмой Техасо [15]. Процесс ведется при температуре в пределах 420-450°C, давление поддерживается примерно 100-200 бар, катализатором

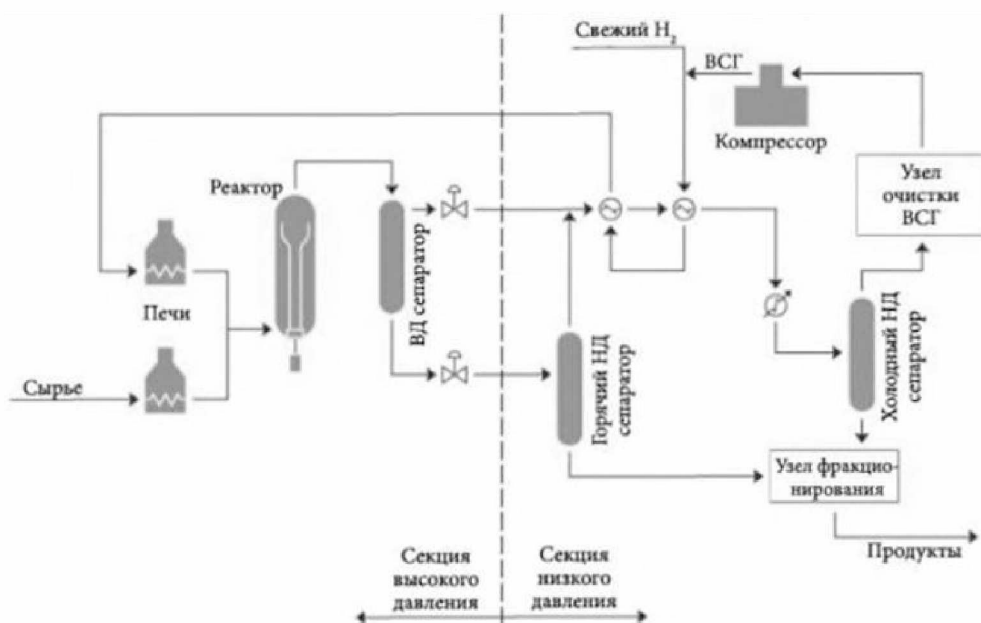


Рис. 2. Схема процесса по технологии LC-finig.

служит $\text{Mo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, промоторами являются металлы никель и кобальт. Свежий катализатор также подают сверху, а отработанный (в количестве около 1% в сутки от загруженного или 0,3-2,0 кг на 1 т сырья) отводят снизу [16], в реакторе с катализатором при перемешивании трехфазной реагирующей системы быстро достигается изотермичность режима. Степень превращения сырья – 55-75%, степень удаления серы составляет 80-84%, а степень удаления металлов – 52-85%. В последние годы HRI, Inc стала частью фирмы Axens North America (Axens NA), которая входит в группу Axens. В промышленную эксплуатацию процесс H-Oil был запущен в 1999 году на заводе PKN Orlen в Польше [17].

В связи с этим в Axens NA выполнили дополнительную модернизацию процессов, в результате которых были созданы три варианта технологии:

– H-Oil-HCC – процесс гидрооблагораживания тяжелой нефти, в результате которого получается «синтетический» продукт (syncrude) со сниженной вязкостью и повышенной стабильностью;

– H-Oil-DC – модификация технологии T-Star для эффективной переработки вакуумных дистиллатов и их смесей;

– H-Oil-RC – модернизированный вариант схемы процесса H-Oil для повышения уровня конверсии гудрона, ноу-хау процесса является межстадийный сепаратор (узел IS2) между реакторами и каскадная утилизация катализатора (узел C2U).

В России Институтами РАН создана разработка, которая существенно превосходит зарубежные разработки, – это глубокая гидропереработка тяжелых остатков (глубокий гидрокрекинг остаточного сырья в сларри-реакторах с движущимся катализатором). Процесс осуществляется в среде водорода при давлении в зоне реакции 7,0-10,0 МПа, расход водорода составляет около 1,5-3,5% масс на сырье. Объемная скорость подачи сырья – 0,5-2 час⁻¹. Конверсия составляет не менее 92-95% масс сырья в легкие фракции (газ, бензин, дизельные фракции и вакуумный дистиллят), не образует отходы. Разработанная в РАН технология переработки тяжелого нефтяного сырья базируется на новейших достижениях в области наногетерогенного катализа и основана на оптимизации комплекса одновременно протекающих термokatалитических реакций крекинга сырья и гидрирования низкомолекулярных фрагментов молекул, образующихся при крекинге сырья. Для предотвращения образования кокса

и обеспечения доступа необходимого количества водорода к радикальным фрагментам деградации используется ультрадисперсный (наноразмерный) катализатор, равномерно распределенный в реакционном объеме в форме частиц с радиусами от 5 до 200 нм. Технология обеспечивает уникально высокую каталитическую активность катализатора, что позволяет проводить процесс гидроконверсии в присутствии малых количеств катализатора в реакционной среде, обычно до 0,15-0,25% активного металла на сырье и низком расходе свежего катализатора, т.к. предусмотрены рециркуляция и регенерация используемого катализатора, позволяющие снизить его расход не более 50 г на 1 т сырья. Процесс характеризуется высоким выходом дистиллятных фракций – 84-89% на сырье, отсутствием отходов. Разработан базовый проект и строится опытно-промышленная установка мощностью 50 тыс. т/год в ПАО «Татнефть». Технология гидроконверсии обеспечивает глубину переработки нефти до 97%.

В 2000 годах UOP, применяя свой обширный опыт разработки Unionfining и Unicracking, усовершенствовала процесс CANMET [18]. Технология разрабатывалась в Канаде для гидрогенизации угля (30-40% в смеси с нефтью) при 440-460 °С, под давлением водорода 10-15 МПа в присутствии катали-

затора на основе сульфата железа с добавкой до 10 мг/кг нафтената молибдена. В 2007 г. UOP модернизировала CANMET и разработала новую технологию гидроконверсии под брендом Uniflex [19, 20]. Усовершенствования касались разработки каталитической системы (наноразмерные частицы закрытого состава – ноу-хау) и реактора гидрогенизации. Это позволило уменьшить в 3 раза расход активной фазы катализатора, при использовании которого конверсию удалось повысить на 6%, а выход широкой фракции C5–525°С – на 6,5%. В номинальном режиме температура в реакционной зоне поддерживается на уровне 435-470 °С при давлении 13,8 МПа [21]. В среднем конверсия превышает 90% при выходе дистиллятных фракций более 50%. Схема Uniflex приведена на рисунке 3.

Еще одним новым процессом является «Акваконверсия», который совместно усилиями разработали компании Фостер Уилер и UOP. Процесс состоит в конверсии нефтяных остатков в присутствии водяного пара с использованием катализаторов на основе неблагородных металлов [22]. Первый компонент катализатора инициирует диссоциацию молекул воды с образованием свободных радикалов водорода и кислорода. Второй компонент катализатора стимули-

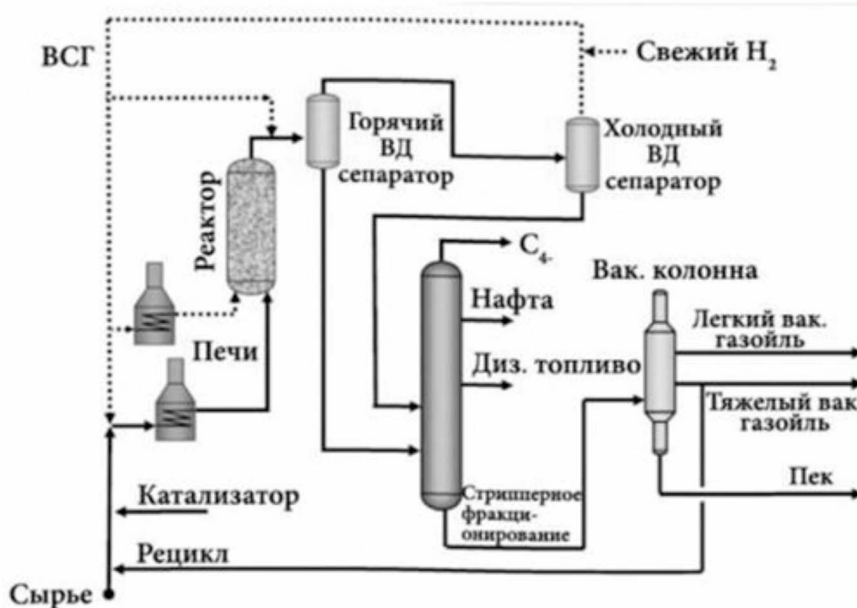


Рис. 3. Схема процесса Uniflex компании UOP

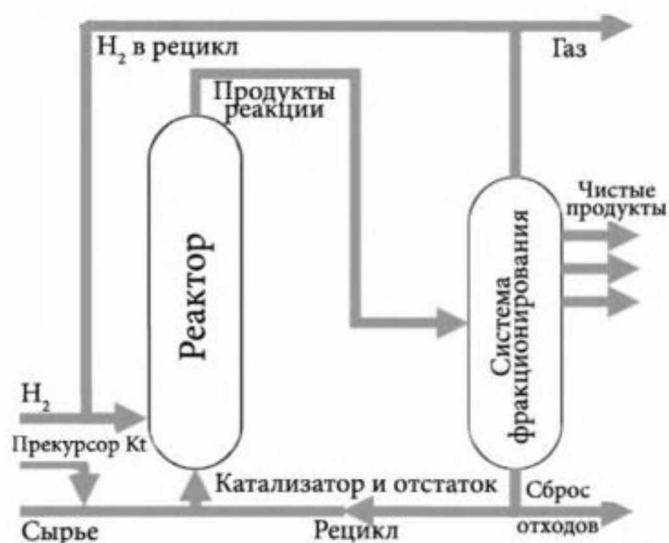


Рис. 4. Упрощенная схема процесса Eni Slurry Technology

рует реакции деструкции углеводородов и присоединения к ним водорода. В результате подавляются реакции конденсации ароматических структур с образованием высокомолекулярных ненасыщенных систем. Поточная схема аналогична схеме висбрекинга, с учетом особенностей, это добавление линии для подачи водяного пара и системы ввода и вывода катализатора. Процесс «Акваконверсия» реализован в Кюрасао.

Процесс EST был разработан фирмами Eni Tecnologie S. p. A. и Snamprogetti S. p. A

в Италии. Он состоит в безотходной гидроконверсии битумов, тяжелых нефтей, мазутов, асфальтенов в легкие нефтепродукты. Упрощенная схема процесса Eni Slurry Technology представлена на рисунке 4. Основной процесс EST является «пастовый» реактор, в котором тяжелое нефтяное сырье подвергается гидрокрекингу в присутствии псевдогомогенного молибденового катализатора (микрорекристаллы MoS_2), формируемые в сырье. Концентрация молибдена с учетом рециркуляции составляет более 1000 ppm. Степень гидродесульфуризации сырья составляет более 75%, степень гидродеметаллизации более 99%, а подавление выхода кок-

са по Конрадсону более 90%.

Среди получаемых продуктов процесса EST могут быть легкие газы, нефтяная фракция, вакуумный газойль. Можно получать низкосернистое (S менее 10 ppm) дизельное топливо с цетановым числом более 52 пунктов. Упрощенная схема процесса приведена на сайте компании Eni Tecnologie S. p. A. [23]

Анализ приведенных установок гидрокрекинга показал, что для данного вида сырья, а это объединенные потоки тяжелых дистиллятов, целесообразно выбрать двухступенчатый

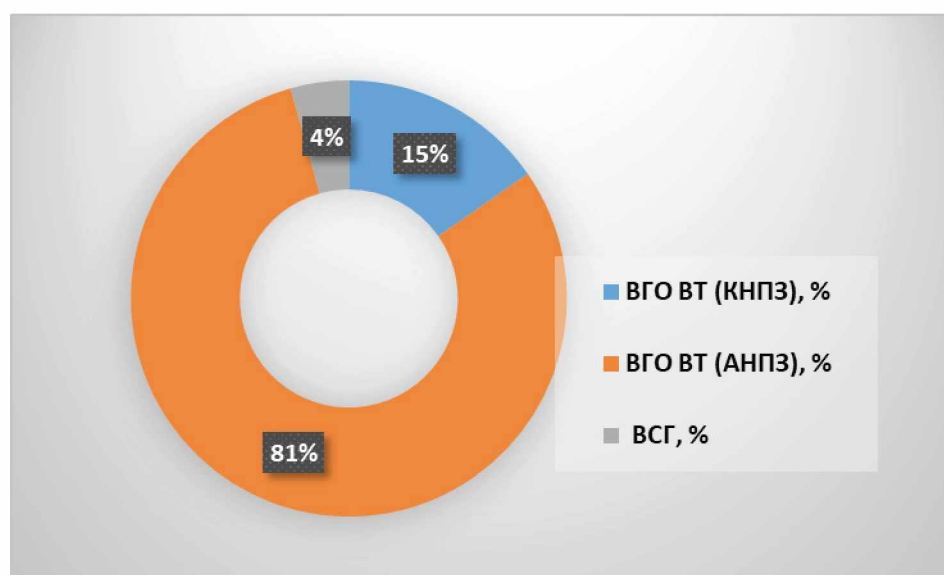


Рис. 5. Распределение сырья установки гидрокрекинга



Рис. 6. Объем выпускаемой продукции установки гидрокрекинга

Таблица 1.

Расчетные энергоресурсы для установок гидрокрекинга, производства водорода, производства серы, установки стабилизации бензина

Энергоресурсы	Гидрокрекинг		Производство водорода		Производство серы		Стабилизация бензина	
	Объем, в месяц	Стоимость, млн. руб. в месяц	Объем, в месяц	Стоимость, млн. руб. в месяц	Объем, в месяц	Стоимость, млн. руб. в месяц	Объем, в месяц	Стоимость, млн. руб. в месяц
Топливо, ГК	55733300	196000	97906700	333900	29500000	103800	15414400	67600
Электроэнергия, КВтч	94174800	224800	67455000	161000	39650000	9460	5801400	13800
Теплоэнергия, Гкал	99000	104500	- 357000	- 377000	-	-	6300	6700
Хим. очищенная вода, м³	7716000	2200	1742200	490	280000	80	-	-
Оборотная вода, м³	6153000	9420	6527100	10000	1525000	2300	2964300	4500

комплекс гидрокрекинга с рециркуляцией, основная цель которого состоит в максимизации средних дистиллятов при минимизации нефти. Первая ступень установки предназначена для снижения объема сырьевой серы и содержания азота при достижении частичной (около 55%) конверсии. На второй ступени можно перерабатывать остаток гидрокрекинга в дистилляты. Таким образом, предлагается установка гидрокрекинга (HCU) на базе технологии ISOCRACKING.

По существующей поточной схеме Афипского НПЗ предлагается объединение потоков из Краснодарской площадки Афипского НПЗ с целью полной загрузки установки гидрокрекинга по сырью и улучшения эффективности процессов. Ввиду того, что процесс гидроочистки не может проходить без водорода, на первом этапе модернизации предлагается также внедрение сопутствующих процессов: установка производства водорода и установка производства серы. Сырьем новой установки

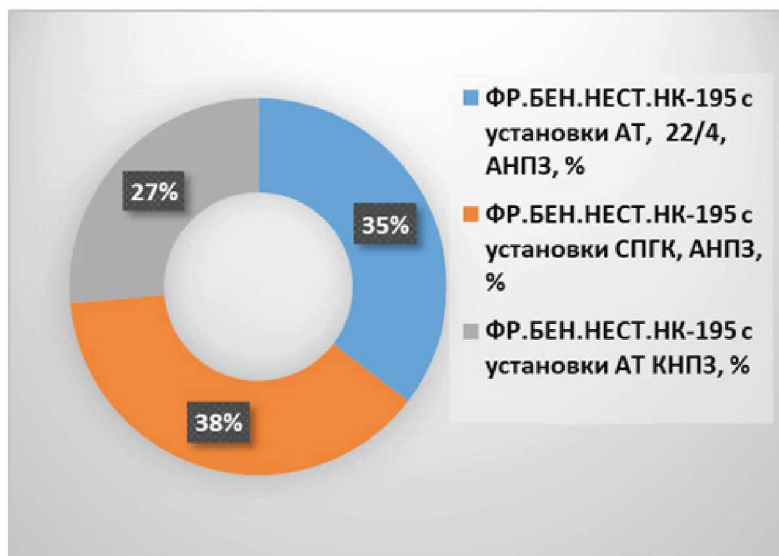


Рис. 7. Сырье новой установки стабилизации бензина Афи́пского НПЗ

гидрокрекинга предполагается использовать композицию тяжелых нефтепродуктов: вакуумный газойль вакуумной трубчатки Краснодарской площадки АНПЗ, вакуумный газойль вакуумной трубчатки Афи́пского НПЗ и ВСГ новой установки производства водорода.

В программном обеспечении Aspen PIMS была разработана математическая модель Афи́пского НПЗ и произведен экономический расчет установки, расчет затрачиваемых энергоресурсов и определена прибыльность внедрения новых установок на первом этапе модернизации. Распределение получаемых продуктов установки гидрокрекинга приведено на диаграмме, приведенной на рисунке 6.

Результаты произведенного расчета по потребляемым энергоресурсам приведены в таблице 1.

На существующей схеме Афи́пского НПЗ на первичных установках атмосферной переработки нефти предусмотрен выпуск нестабильной бензиновой фракции, которая содержит определенное количество растворенных газов. Для улучшения качества выпускаемой продукции на первом этапе модернизации автором предлагается также внедрение установки стабилизации бензиновых фракций, что позволит контролировать в составе смесей содержание изобутана и н-пропана, улучшить качественный показатель – давление насыщенных паров бензина. Схема установ-

ки стабилизации бензина представлена тремя потоками сырьевых продуктов, нестабильная бензиновая фракция НК-195 °С двумя потоками из установки атмосферной трубчатки – 22/4 и установки СПГК Афи́пского НПЗ, один поток из установки атмосферной перегонки Краснодарского НПЗ, объемы представлены на рисунке 7.

В результате сведения всех потоков установок Афи́пского НПЗ на первом этапе модернизации в математической модели получен материальный баланс НПЗ с учетом новых установок, что показало возможным выпуск дизельного топлива летнего по последним требованиям стандартов класса Евро, выпуск серы, а также улучшение качества бензиновой фракции, что приведено на рисунке 8.

На заключительном этапе работы был проведен экономический расчет НПЗ по базовому варианту и с учетом первого этапа модернизации. При этом учитывались затраты на сырье, энергоресурсы, а также оценивалась прибыль при продаже в соответствии с номенклатурой получаемой продукции.

Из рисунка 9 видно, что на первом этапе модернизации удалось улучшить показатели прибыльности на 28,8 млрд. руб. в месяц. Однако стоит отметить, что есть еще направления для роста и улучшения технологии переработки Афи́пского НПЗ с углублением процессов переработки.

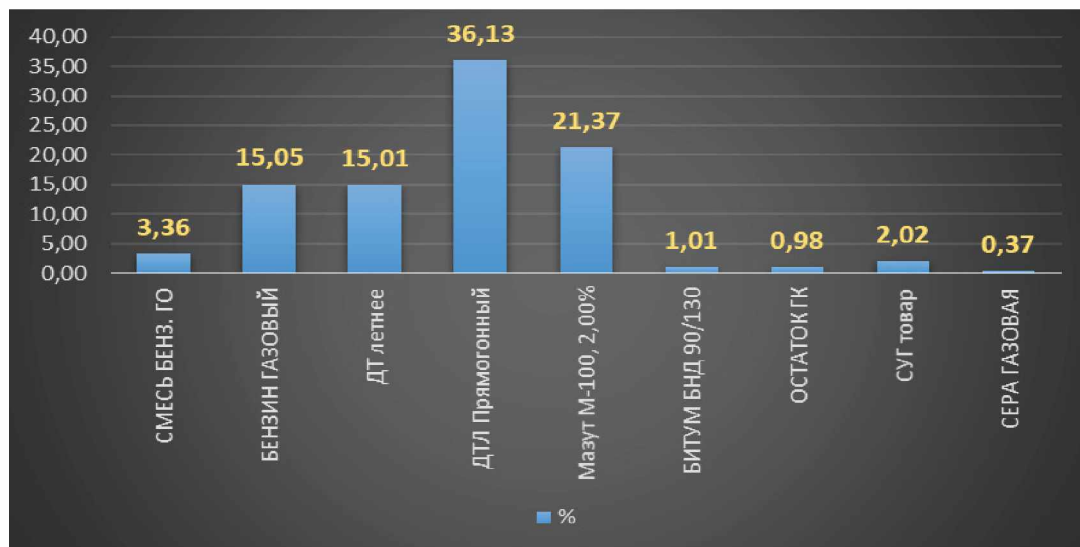


Рис. 8. Распределение ассортимента продукции на первом этапе модернизации

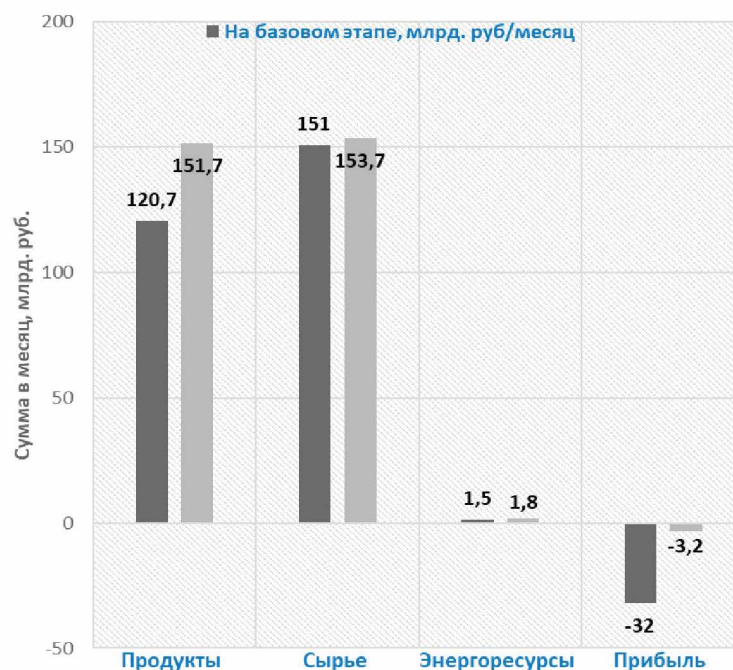


Рис. 9. Экономический расчет Афипского НПЗ

Анализ современных установок гидрокрекинга и выбор направления модернизации Афипского НПЗ позволил провести технологические расчеты с учетом добавления в поточную схему завода установки гидрокрекинга, стабилизации бензиновой фракции, установки для выработки элементарной серы и производства водорода. Внедрение в

схему завода нового комплекса гидрокрекинга существенно изменит технологические возможности по глубине переработки нефти, с включением в схему установки гидроочистки дистиллятов, а также установки замеленного коксования, что способствует переходу на современный уровень развития НПЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года №826 (с изменениями на 19 декабря 2019 года)
2. [Электронный ресурс]: URL: <https://pronpz.ru/ustanovki/gidrokreking.html> (дата обращения: 06.02.2022).
3. *Заботин Л.И.* Химическая технология топлив и углеродных материалов. Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2010. 179 с.
4. *Рябов В.Д.* Химия нефти и газа. М.: Техника, 2004. 287 с.
5. *Ахметов А.А.* Технология переработки нефти и газа. Уфа: Гилем, 2002. 671 с.
6. *Каминский Э.Ф., Хавкин В.А.* Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. М: Техника, 2001. 385 с.
7. *Власов В.Г.* Гидроочистка, гидрообессеривание и гидрокрекинг нефтяного сырья. Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2014. 28 с.
8. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.taifnk.ru/press/occurrence/?action=ITEM&doc=150> (дата обращения: 14.02.2012).
9. *Rana M.S., Safmano V., Ancheyta J., Diaz J.A. I.* A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua // Fuel. 2007. V. 86. №9. P. 1216-1231.
10. [Электронный ресурс]: URL: http://www.chevron.com/products/sitelets/refiningtechnology/documents/BrochPDF_10.29.09.pdf
11. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.cbi.com/services/documents/lc-fining.pdf>.
12. *Rana M.S., Safmano V., Ancheyta J., Diaz J.A. I.* A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua // Fuel. 2007. V. 86. №9. P. 1216-1231.
13. *Gupta A.* Chevron Lummus Global ebullated bed bottom-of-the-barrel hydroconversion (LC-fining) process (<http://www.smx-intemational.com/images/pdfs/chevron.pdf>). 4 p.
14. *Scherzer J., Gruia A.J.* Hydrocracking science and technol. N. Y.: Marcel Dekker, Inc., 1996. 305 p.
15. *Yang W.-C.* Fluidization, solids handling, and processing: industrial applications. Westwood (New Jersey, USA): Noyes Publications, 1999. 890 p.
16. *Putek S., Gragnani A.* Resid hydrocracker produces low-sulfur diesel from difficult feeds // Hydrocarbon Process. 2006. №5. P. 65-100.
17. *Briecker M., McGehee J., Haizman R., Zimmerman P., Bhattacharyya A., Bauer L., Mezza B.* Advanced slurry hydrocracking process: technology for heavy oil conversion (<http://www.nacatsoc.org/21nam/data/papers/Paper1355.pdf>)
18. *Gillis D., Haizman R., Van Weens M., Zimmerman P., Houde E.* Upgrading residues to maximize distillate yields // San Antonio (Texas, USA): National Petrochem. and Refiners Assoc. (NPRA) Annual meeting, March 22-24, 2009. Pap. AM-09-65. 17 p. (http://www.uop.com/objects/Uniflex_2009_NPRA_paper.pdf).
19. Upgrading residues to maximize distillate yields with UOP Uniflex™ process // J. Japan Petrol. Inst. 2010. V. 53. №1. P. 3341.
20. *Gillis D., Haizman R., Van Weens M., Zimmerman P., Houde E.* Upgrading residues to maximize distillate yields // San Antonio (Texas, USA): National Petrochem. and Refiners Assoc. (NPRA) Annual meeting, March 22-24, 2009. Pap. AM-09-65. 17 p. (http://www.uop.com/objects/Uniflex_2009_NPRA_paper.pdf)
21. Oil and Gas Journal. 1998. 96. №44. P. 79; Oil and Gas Journal. 1998. 96. №44. P. 78
22. [Электронный ресурс]: – URL: http://www.eni.com/en_IT/attachments/innovazione-tecnologia/technological-answers/scheda-est-eng.pdf

HYDROCRACKING COMPLEX – THE MAIN FACILITY OF THE FIRST STAGE OF AFIP REFINERY MODERNIZATION

© A. V. Sidorov, Yu. P. Yasyan

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

In this paper, both the analysis of modern hydrocracking units and the choice of the direction of the first stage of the modernization of the Afipsky refinery are carried out. Technological calculations were carried out taking into account the addition of a hydrocracking unit, stabilization of the gasoline fraction, a sulfur production unit and a hydrogen production unit to the flow scheme of the plant. The introduction of a new hydrocracking complex into the scheme of the plant will significantly change the production capabilities for deep oil refining and for the production of marketable products. The article provides a mathematical calculation of the material balance, an assessment of the consumption indicators of energy resources is made.

Keywords: modernization, oil, refining, indicators.

REFERENCES

1. Tekhnicheskii reglament tamozhennogo soyuza TR TS 013/2011 «O trebovaniyakh k avtomobil'nomu i aviatsionnomu benzinu, dizel'nomu i sudovomu toplivu, toplivu dlya reaktivnykh dvigatelei i mazutu», utverzhdenyi Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 18 oktyabrya 2011 goda N 826 (s izmeneniyami na 19 dekabrya 2019 goda) [Technical regulation of the Customs Union TR CU 013/2011 “On the requirements for motor and aviation gasoline, diesel and marine fuel, jet fuel and fuel oil”, approved by the Decision of the Commission of the Customs Union of October 18, 2011 N 826 (as amended by 19 December 2019)].
2. Available at: <https://pronpz.ru/ustanovki/gidrokreking.html> (Accessed 02.06.2022).
3. Zabotin, L. I. (2010) Khimicheskaya tekhnologiya topliv i uglerodnykh materialov. Samara Gos. tekhn. un-t. [Chemical technology of fuels and carbon materials. Samara State Technical University], Samara, 179 p.
4. Ryabov, V. D. (2004) Khimiya nefti i gaza [Chemistry of oil and gas], Tekhnika, Moscow, 287 p.
5. Akhmetov, A. A. (2002) Tekhnologiya pererabotki nefti i gaza [Technology of oil and gas processing], Gilem, Ufa, 671 p.
6. Kaminsky, E. F. and Khavkin, V. A. (2001) Deep processing of oil: technological and environmental aspects, Technique, Moscow, 385 p.
7. Vlasov, V. G. (2014) Gidroochistka gidroobesserivanie i gidrokreking neftyanogo syr'ya. [Hydrotreating hydrodesulfurization and hydrocracking of crude oil]. Samara State Technical University, Samara, 28 p.
8. Available at: <https://www.taifnk.ru/press/occurrence/?action=ITEM&doc=150> (date of access: 02/14/2012).
9. Rana, M. S., Safmano, V., Ancheyta, J., Diaz, J.A. I. (2007) ‘A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua’. *Fuel*. V. 86. No. 9. P. 1216-1231.
10. Scherzer J., Gruia A. J. (1996) Hydrocracking science and technol. N. Y.: Marcel Dekker, Inc., 305 rubles.
11. Available at: http://www.chevron.com/products/sitelets/refiningtechnology/documents/Broch-PDF_10.29.09.pdf
12. Available at: <http://www.cbi.com/services/documents/lc-fining.pdf>.
13. Gupta A. Chevron Lummus Global ebullated bed bottom-of-the-barrel hydroconversion (LC-fining) process (<http://www.smx-intemational.com/images/pdfs/chevron.pdf>). 4 p.
14. Scherzer, J. and Gruia, A. J. (1996) Hydrocracking science and technol. N. Y.: Marcel Dekker, Inc., 305 rubles.

16. Yang, W.-C. (1999) Fluidization, solids handling, and processing: industrial applications. Westwood (New Jersey, USA): Noyes Publications, 890 p.
17. Putek, S. and Gragnani, A. (2006) 'Resid hydrocracker produces low-sulfur diesel from difficult feeds'. *Hydrocarbon Process.* №5. P. 65-100.
18. Briecker, M., McGehee, J., Haizman, R., Zimmerman, P., Bhattacharyya, A., Bauer, L. and Mezza, B. Advanced slurry hydrocracking process: technology for heavy oil conversion (available at: <http://www.nacatsoc.org/21nam/data/papers/Paper1355.pdf>)
19. Gillis, D., Haizman, R., Van, Weens, M., Zimmerman, P. and Houde, E. (2009) Upgrading residues to maximize distillate yields. San Antonio (Texas, USA): National Petrochem. and Refiners Associates. (NPRA) Annual meeting, March 22-24, 2009. Pap. AM-09-65. 17 p. m. (http://www.uop.com/objects/Uniflex_2009_NPRA_paper.pdf).
20. (2010) Upgrading residues to maximize distillate yields with UOP Uniflex™ process // J. Japan Petrol. Inst. V. 53. №1. P. 3341
21. Gillis, D., Haizman, R., Van, Weens M, Zimmerman, P. and Houde, E. (2009) Upgrading residues to maximize distillate yields. San Antonio (Texas, USA): National Petrochem. and Refiners Associates. (NPRA) Annual meeting, March 22-24, 2009. Pap. AM-09-65. 17 p. m. (available at: http://www.uop.com/objects/Uniflex_2009_NPRA_paper.pdf)
22. Oil and Gas Journal. 1998. 96. No. 44. P. 79; Oil and Gas Journal. 1998. 96. No. 44. P. 78
23. Available at: http://www.eni.com/en_IT/attachments/innovazione-tecnologia/tecnological-answers/scheda-est-eng.pdf

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БИТУМА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

© Ю.Х. Тарамов, П.С. Цамаева, А.А. Эльмурзаев
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Битумы являются одним из продуктов нефтепереработки. На свойства битумов влияет сам источник нефти и технологический процесс переработки нефти. Большинство европейских нефтеперерабатывающих заводов, конечно же, занимаются переработкой с целью перепродажи нефтепродуктов, особенно нефти, пригодной для извлечения легких и средних фракций. Поэтому необходимы легкие нефти с низкими выходами тяжелых фракций, которые высокоэкономичны и выгодны для переработчиков на нефтяном рынке. С точки зрения нефтепереработки содержание и соотношение асфальтенов и мальтенов, как обязательных компонентов битума, становится менее важным, однако это может существенно повлиять на будущие свойства битумного вяжущего. Основные тесты на температуру проникновения и размягчения предназначены для оценки свойств битума и классификации битума. Этих испытаний в настоящее время недостаточно, и поэтому разрабатываются новые методы и процедуры испытаний для определения характеристик битума. Основной темой подхода к оценке свойств битумных вяжущих, основанного на характеристиках, является оценка свойств с точки зрения характеристик дорожной одежды, таких как остаточная деформация, усталость и морозное растрескивание. Также важна оценка изменения свойств битума в процессе производства и укладки асфальтобетонной смеси. Исследование направлено на изучение вязкостно-температурного поведения и фундаментальных свойств, представленных пенетрацией и температурой размягчения образцов дорожного покрытия.

Ключевые слова: битум, эмпирический тест, состав битума, динамическая вязкость, вязкость.

Битум или его очень близкий родственник использовался в строительстве на протяжении тысячелетий. Однако только в середине 19 века в дорожном строительстве начали использовать природный битум, перейдя к использованию каменноугольной смолы, а затем очищенного битума из сырой нефти. Битум получают путем перегонки сырой нефти. Сегодня нефтяные компании бурят скважины, чтобы раздобыть нефть, которая была заключена в слой непроницаемой породы. Эта сырая нефть перегоняется до получения битума. К счастью для нефтяных компаний, материалы, перегоняемые из сырой нефти до получения битума, также весьма полезны. К ним относятся сжиженный нефтяной газ, топливо для самолетов, поездов и автомобилей, смазочные материалы и различные продукты для изготовления пластмасс.

Битум является очень универсальным материалом благодаря своим необычным и инте-

ресным характеристикам. Это жидкость с характеристиками текучести, изменяющимися в зависимости от температуры, это облегчает обращение с ним при высоких температурах, но при остывании он становится более твердым, таким образом выполняя структурные функции на месте. Это плохой проводник электричества, что делает его хорошим изолятором для электрооборудования. Он устойчив к проникновению воды, что делает его превосходным барьером для удержания или предотвращения проникновения влаги. Он также является отличным шумоизолятором, поэтому используется в звукоизоляции. Его можно смешивать с рядом других материалов. Эти качества означают, что битум имеет множество применений помимо асфальта, например, кровельный материал, подложка для ковров, гидроизоляция, обертывание труб, аккумуляторные ящики и т.д.

Битум представляет собой сложную смесь многих химических соединений с высокой мо-

лекулярной массой, обычно от 500 до 50000. Из-за этой сложности полный анализ состава битума практически невозможен. Тем не менее, можно охарактеризовать компоненты с помощью самых разных методов, таких как растворимость в различных растворителях, по молекулярной массе или по широкому химическому составу. Хроматография в сочетании с экстракцией растворителем обычно используется для разделения компонентов битума на следующие четыре широкие химические группы:

– *асфальтены*: коричневые/черные аморфные твердые вещества с высокой молекулярной массой, обычно 1000-50000. Их осаждают из битума путем растворения в парафиновом растворителе, таком как н-гептан. Асфальтены обычно составляют 5-25% по массе битума;

– *смолы*: темно-коричневые твердые или полутвердые вещества, растворимые в гептане. Они клейкие и очень полярные по своей природе. Молекулярная масса обычно составляет 900-1300. Смолы могут составлять 5-50% по массе битума;

– *ароматические соединения*: обычно темно-коричневые вязкие жидкости. Молекулярная масса обычно составляет 500-900.

Обычно присутствует в 40-60% по весу в битуме;

– *насыщенные вещества*: твердые вещества или вязкие жидкости светлого цвета с молекулярной массой в диапазоне 500-800. Эта фракция может присутствовать в битуме в количестве от 1 до 25% по массе [1, 2].

Фракции смол, ароматических соединений и насыщенных соединений часто называют фракцией «мальтенов». Считается, что эти четыре основных типа соединений составляют битум в коллоидной системе, в которой асфальтены присутствуют в виде «мицелл», диспергированных в мальтенах с более низкой молекулярной массой. Принято считать, что мицеллы асфальтенов стабилизированы оболочкой из соединений, преимущественно находящихся во фракции смол. Покрытые асфальтены диспергированы в «маслянистой» среде ароматических и насыщенных углеводородов, как показано на рис. 1.

Конфигурация внутренней структуры битума в значительной степени определяется химическим составом присутствующих молекулярных частиц. Битум представляет собой сложную химическую смесь молекул, состоящих преимущественно из углеводородов с

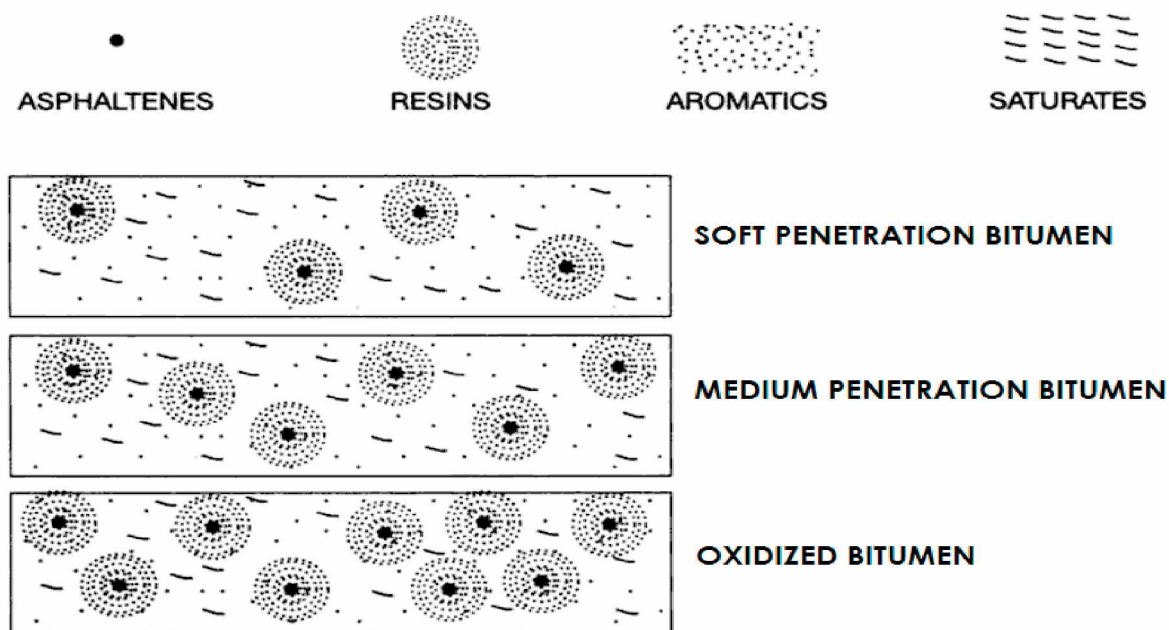


Рис. 1. Коллоидный состав битума.

небольшим количеством структурно-аналогичных гетероциклических частиц и функциональных групп, содержащих атомы серы, азота и кислорода. Битум также содержит следовые количества металлов, таких как ванадий, никель, железо, магний и кальций, которые встречаются в форме неорганических солей и оксидов или в порфириновых структурах. Элементарный анализ битумов, изготовленных из различных видов нефти, показывает, что большинство битумов содержат – углерода 82-88 %, водорода 8-11 %, серы 0-6 %, кислорода 0-1,5 %, азота 0-1 % [3]. Когда более твердый битум получают за счет повышения температуры или условий вакуума внутри дистилляционной колонны, из остатка удаляются более летучие насыщенные и ароматические фракции, таким образом концентрируя асфальтены и смолы. Следовательно, твердый битум будет иметь более высокое содержание асфальтенов, чем более мягкий битум из той же сырой нефти. При производстве более твердых битумов воздушной продувкой концентрация насыщенных углеводородов, относительно инертных к окислению, практически не изменяется. Однако реакционная способность фракций ароматических соединений и смол по отношению к воздуху и образование в результате этой реакции асфальтенов твердый битум будет иметь более высокое содержание асфальтенов, чем более мягкий битум из той же сырой нефти. При производстве более твердых битумов воздушной продувкой концентрация насыщенных углеводородов, относительно инертных к окислению, практически не изменяется. Однако реакционная способность фракций ароматических соединений и смол по отношению к воздуху и образование в результате этой реакции асфальтенов увеличивает концентрацию асфальтенов в битуме в большей степени, чем при перегонке. Таким образом, битум, полученный продувкой воздухом, будет иметь более высокое содержание асфальтенов, чем битум, полученный вакуумной перегонкой той же сырой нефти. При стандартных температурах окружающей среды битум является очень стабильным и инертным материалом, особенно в больших количествах. Однако при контакте с атмосферой в виде очень тонких пленок, таких как ас-

фальтовые смеси, он медленно затвердевает, пока, в конце концов, не становится хрупким. Механизм этого отверждения сложен, если не считать сложной природы битума. Кроме того, механизм трудно изучить в реальных условиях эксплуатации асфальтового покрытия из-за загрязнения от транспорта, такого как капли, смазочного масла и дизельного топлива. Лабораторные исследования в контролируемых условиях показали, что окисление является основной протекающей реакцией, что приводит к таким же изменениям химического состава, как и при высоких температурах. При смешивании, хранении, транспортировке и укладке асфальтобетонных смесей тонкая пленка битума на поверхности заполнителя подвергается воздействию кислорода воздуха при высоких температурах. В этих условиях могут происходить значительные химические изменения, которые приводят к значительным физическим изменениям. Как и при производстве битума продувкой воздухом, основными химическими превращениями являются окисление, конденсация и полимеризация. Как следствие, изменения в групповом составе заключаются в существенном снижении доли ароматических соединений вместе с увеличением содержания смол и асфальтенов. Содержание насыщенных углеводородов обычно мало изменяется из-за относительно низкой реакционной способности соединений этой фракции. Эти изменения химического состава приводят к увеличению среднего размера присутствующих молекул (увеличивается молекулярная масса), что, в свою очередь, сопровождается затвердеванием битума. После уплотнения асфальта при условии, что смесь имеет достаточно мало воздушных пустот. Анализ битума, извлеченного из пробных дорожных участков, показал, что в химическом составе происходят некоторые другие изменения в результате пористости асфальта, битум будет продолжать твердеть и в конечном итоге станет хрупким и растрескается под воздействием дорожного движения или термических нагрузок, или их сочетаниях [4].

Основными физическими свойствами, влияющими на работу битума в качестве дорожного вяжущего, являются его реологические свойства (эластичность, жесткость и те-

кучесть) и его прочность. Механическая прочность битума важна при низких температурах, когда он становится все более твердым и хрупким при превышении определенного температурного предела. В этом состоянии предел прочности на излом составляет 4×10^6 Па, что является низким показателем по сравнению с другими конструкционными материалами, такими как сталь и бетон. Температура, при которой битум становится хрупким, обусловлена его реологическими свойствами, сортностью битума или твердостью. Качество битумных вяжущих, используемых при строительстве и обслуживании дорожных покрытий, в настоящее время оценивается эмпирическими испытаниями, основанными на получении одного значения для конкретных граничных условий, разработанных около 100 лет назад. Измеряют консистенцию при средних рабочих температурах (пенетрация), консистенцию при повышенных рабочих температурах (температура размягчения) и консистенцию при более низких температурах (температура разрушения) независимо от состава битума и нагрузок, соответствующих реальной нагрузке на дорогу. Исследования битумных вяжущих и асфальтовых смесей были основаны на предположении, что эмпирические тесты могут характеризовать и классифицировать вяжущие, однако неточно описывают свойства битума как вязкоупругого материала. Текущее состояние асфальтовых дорог привело к поиску новых путей и подходов для лучшего описания свойств битумных вяжущих и смесей. Одним из таких подходов является подход, связанный с производительностью. Система оценивает битумные вяжущие в основном после испытаний на термическую стабильность путем функциональных испытаний, определяя модули жесткости с помощью динамического реометра и реометра с отклоняющейся балкой. Битумные вяжущие испытывают не в том состоянии, в котором они покидают завод, а в том, в каком они выходят из асфальтосмесительного завода, или после определенного периода выдержки в пути в процессе эксплуатации [5].

Основное внимание уделяется характеристике реологического поведения, то есть вязкоупругого поведения в зависимости от

температуры и скорости нагружения, или после определенного периода выдержки в пути в эксплуатации. Поведение битума в первую очередь определяется химическим составом, на который влияет источник сырой нефти и метод обработки битума.

Основная цель в применении новых современных процедур – улучшение эксплуатационных характеристик битума.

Битумное вяжущее считается относительно сложным материалом, и описание его свойств требует больших усилий. Функциональный подход вообще в значительной степени делает упор на реологию, которая является важным аспектом в отношении вязкоупругой природы битумных вяжущих. Основной реологической переменной, характеризующей текучесть материала, является вязкость, и одним из способов описания свойств битумных вяжущих может быть использование вязкости [6].

Определяющим испытанием для битума является испытание на проникновение. Это включает в себя охлаждение образца битума стандартного размера при температуре окружающей среды с последующим кондиционированием в водяной бане с регулируемой температурой при определенной температуре в течение заданного периода времени. Это делается для того, чтобы образец имел требуемую температуру на всем протяжении до его центра. Битум является изолятором и жидкостью, скорость течения которой изменяется в зависимости от температуры, поэтому необходимо строго соблюдать время и температуру, чтобы обеспечить повторяемость теста. С помощью пенетromетра к битуму прикладывают иглу на определенное время. Глубина проникновения иглы в десятых долях миллиметра (мм) определяет твердость или «проникновение» битума. Проникновение проводят трижды на одном и том же образце для получения среднего значения. Оценки, присвоенные материалам, указывают диапазон проникновения материала. Например, 100/150 означает, что проникновение материала находится где-то между 100 и 150 мм.

Тест на температуру размягчения включает в себя два небольших кольца, заполненных битумом, которые помещают в подстав-

ку, а затем погружают в химический стакан с жидкостью. Сверху на каждый образец битума помещают стандартный металлический шар, а окружающую жидкость нагревают с постоянной скоростью. Указанная точка размягчения представляет собой температуру жидкости, при которой битум больше не может выдерживать вес мяча, и мяч проходит через кольцо, падая на основание люльки. Следует отметить, что точка размягчения наступает не тогда, когда битум «тает», а тогда, когда он больше не может сопротивляться силе утяжеленного шара.

После испытаний на температуру размягчения и пенетрации наиболее распространенным испытанием битума является вязкость. Этот тест измеряет сопротивление битума вращающемуся шпинделю при различных температурах. Это важно знать для прогнозирования поведения битума, для хранения и перекачки битума, а также для смешивания и уплотнения асфальта.

Битум можно модифицировать различными способами в соответствии с его применением и характеристиками. Полимеры могут быть добавлены для создания модифицированного полимером битума (ПМБ). Эффективность, достигаемая в результате этой модификации, очевидно, зависит от используемого полимера и количества, поскольку не все ПМБ одинаковы. Эти материалы часто отличаются улучшенной гибкостью, повышенной прочностью и повышенной устойчивостью к деформации. Они повышают характеристики материала, чтобы выдерживать как экстремально высокие, так и низкие температуры, которым могут подвергаться дороги. Добавки могут быть добавлены для улучшения сцепления с проблемным за-

полнителем. Воски могут быть добавлены для снижения вязкости в жидком состоянии, что позволяет снизить температуру смешивания и уплотнения, но повысить конечную жесткость и устойчивость к топливу [7, 8].

В лабораторных условиях изучены свойства вяжущих компонентов для производства асфальтобетонных смесей, широко применяемых на практике для устройства асфальтобетонных покрытий – битума дорожного марки БНД-50/70 (3 образца разных производителей 1-3) и полимерно-модифицированного битума ПМБ 45/80-75 (2 образца от разных производителей).

Определение основных свойств проводили с помощью пенетromетра ПН-10Б при 25 °С и установки для определения температуры размягчения битумов КИШ-20М4–41013402492.

Содержание структурно-подобных соединений в битуме, определение процентного содержания предельных углеводородов, ароматических соединений, смол и асфальтенов проводили комбинированным экстракционным методом и жидкостной хроматографией на установке Кристаллюкс 4000М.

Экспериментальные измерения динамической вязкости образцов битума проводились на автоматической установке для определения условной вязкости битумов ЛинтеЛ ВУБ-21-410134002480 (рис. 4). Этот вискозиметр с вращающимся шпинделем охватывает диапазон скоростей сдвига в диапазоне от 1 до 104 с-1 и динамической вязкости в диапазоне от 10-2 до 106 Па·с (температура от 40 °С до 200 °С). Для получения репрезентативных результатов битумных вяжущих необходимо всегда измерять вязкость при различных испытаниях

Таблица 1.
Значения температуры размягчения и пенетрации испытанных битумных вяжущих

Образец	Температура размягчения, °С БНД-50/70	Показатель пенетрации, мм БНД-50/70	Температура размягчения, °С ПМБ 45/80-75	Показатель пенетрации, мм ПМБ 45/80-75
1	49,75	85,15	64,07	54,33
2	49,75	80,75	63,70	54,60
3	49,00	75,40	--	--

температуры. Типичные температуры для немодифицированных или модифицированных полимерами битумных вяжущих находятся в диапазоне от 90 до 180 °С.

Значения измерений температуры размягчения и пенетрации испытанных битумных вяжущих представлены в таблице 1. Несмотря на одинаковую марку битума, наблюдается достаточно высокая вариабельность результатов. В случае дорожного битума диапазон температур размягчения составляет от 48 °С до 53 °С, а диапазон пенетрации составляет от 54,3 до 76,7 x 0,1 мм. В случае модифицированного полимером битума диапазон температур размягчения составляет от 75,4 °С до 80,75 °С, а диапазон пенетрации составляет от 54,6 до 74,3 x 0,1 мм. Результаты находятся в установленных пределах, единственное исключение – образец 2, который находится вне диапазона пенетрации.

Значения пенетрации:

– от 50 до 70 x 0,1 мм для дорожного битума

и от 45 до 80 x 0,1 мм для модифицированного битума;

и температура размягчения:

– от 46 до 54 °С для дорожного битума и ≥ 75 °С для дорожного битума.

В таблице 2 и 3 для одной и той же марки битума мы можем наблюдать некоторую изменчивость результатов. В случае дорожного битума стандартное отклонение температуры размягчения составляет $\pm 1,69$ °С, а пенетрация составляет $\pm 7,26$ x 0,1 мм. В случае модифицированного полимером битума стандартное отклонение температуры размягчения составляет ± 4 °С, а пенетрация составляет $\pm 8,16$ x 0,1 мм. Результаты находятся в установленных пределах.

Результаты по вязкости показали высокую изменчивость результатов и подтвердили известные факты. Модифицированный битум имеет более высокие значения вязкости по сравнению с дорожным битумом. Вязкость с повышением температуры уменьшается.

Таблица 2.

Расчетные статистические параметры для измерения динамической вязкости дорожного битума БНД-50/70

Вязкость БНД-50/70 в мПа·с при температуре (°С)	120	140	160	180	190
Среднее значение	2032,5	1690,7	689,5	316,0	217,8
Дисперсия	266832,0	88579,4	13665,9	2223,9	1114,8
Среднеквадратичное отклонение	516,6	297,6	116,9	47,2	33,4
Переменный коэффициент, %	25,4	17,6	17,0	14,9	15,3

Таблица 3.

Расчетные статистические параметры для измерения динамической вязкости полимерно-модифицированного битума ПМБ 45/80-75

Вязкость ПМБ 45/80-75 в мПа·с при температуре °С	120	140	160	180	190
Среднее значение	10889,4	399,6	165,8	71,3	49,3
Дисперсия	4296410,9	1518,2	194,6	36,4	19,2
Среднеквадратичное отклонение	2072,8	39,0	14,0	6,0	4,4
Переменный коэффициент, %	19,0	9,7	8,4	8,5	8,9

Таблица 4.

Средние значения элементного и группового состава испытанных образцов битумов в %

Тип битума	Насыщ.	Ароматика	Смолы	Асфальтены
БНД-50/70	8,41	36,03	42,41	13,15
ПМБ 45/80-75	8,5	35,62	40,65	15,23

С точки зрения изменчивости можно утверждать, что с повышением температуры изменчивость уменьшается.

Средние значения измерения группового состава битума соответственно элементного состава приведены в таблице 4. Также приведены средние значения состава дорожного битума 50/70 и полимерно-модифицированного битума 45/80-75.

По результатам химического состава можно констатировать, что при наибольшей разнице между средними значениями группового состава ПМБ и БНД заключается в содержании смол, у БНД содержание смол выше на +1,76% по сравнению с ПМБ и содержание асфальтенов ПМБ имеют на 2,08% более высокое содержание асфальтенов по сравнению с БНД.

Контроль качества битумных вяжущих осуществляется испытанием на пенетрацию и определение температуры размягчения битума, таким образом, с использованием эмпирического метода, основанного на получении одного значения для конкретных граничных условий. Эти эмпирические испытания, однако, не могут адекватно охарактеризовать сложное реологическое поведение битумных вяжущих, что подтверждается и практикой. Поэтому испытываются новые способы опре-

деления свойств битумных вяжущих, функциональные испытания или сочетание функциональных и эмпирических испытаний, испытания битумного состава. На первом этапе были измерены и статистически проанализированы эмпирические тесты (температура размягчения и пенетрация). Динамическая вязкость была выбрана для характеристики поведения битума в широком диапазоне температур (от 120 до 190 °С). Определение химического состава позволяет измерить и понять различные взаимодействия между молекулярными частицами, влияющими на поведение битума. Поэтому целью исследования было определение корреляции между химическими и физическими свойствами битума. Проведен анализ группового и элементного состава испытанных битумных вяжущих. На последнем этапе была исследована зависимость между составом битума, вязкостью битума и эмпирическими испытаниями. Такие же выводы можно сделать из анализа влияния состава на вязкость битума. В случае группового состава влияние проявлялось на долю мальтеновых групп и вязкость. Хорошие корреляции были обнаружены для вязкости битума и пенетрации. Эти результаты дают предпосылки для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние и перспективы развития производства дорожных вяжущих материалов в России / А. А. Гуреев, А. А. Коновалов, В. В. Самсонов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2008. №1. С. 12-16.
2. Котов С. В. Апробация технологии получения битума повышенной долговечности в условиях Сызранского НПЗ / С. В. Котов // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2006. №6. С. 32-34.
3. Гун Р. Б. Нефтяные битумы / Р. Б. Гун. М., 1973. 432 с.
4. Дурчанская Д., Деки М., Либчински Р., Хузлик Й. Проект SPENS – устойчивое дорожное покрытие для новых европейских стран-членов. Том. 15. 2013. №2. С. 49-55. ISSN 1335-4205.

5. Грудников И. Б. Производство нефтяных битумов. М.: Химия, 1983.
6. Дж. Николс. 1998. Асфальтовые покрытия – Руководство по асфальтовым покрытиям и способам обработки, используемым для покрытия дорожных покрытий. Лаборатория транспортных исследований. ISBN 0-419-23110-2.
7. Худякова Т. Загадки российского битума, или в поисках истины / Т. Худякова // Автомобильные дороги. 2005. №2. С. 72-77.
8. Исмагилова З. Ф., Джексенов М. К., Исмагилов Ф. Р., Богатырев Т. С. Исследование аминов в реакции синтеза реагентов для нейтрализации сероводорода в жидкой среде. Сообщение 1. Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2018. №8. С. 26-29.

INFLUENCE OF BITUMEN COMPOSITION ON PERFORMANCE PROPERTIES

© Yu. Kh. Taramov, P. S. Tsamaeva, A. A. Elmurzaev,
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

Bitumen is one of the products of oil refining. The properties of bitumen are affected by the source of oil itself and the technological process of oil refining. Most European refineries, of course, are refining for the purpose of reselling petroleum products, especially oil suitable for the recovery of light and medium fractions. Therefore, there is a need for light crudes with low heavy ends yields that are highly economical and beneficial to refiners in the oil market.

From the point of view of oil refining, the content and ratio of asphaltenes and maltenes, as essential components of bitumen, becomes less important, but it can significantly affect the future properties of the bituminous binder. The basic penetration and softening temperature tests are designed to evaluate the properties of bitumen and classify bitumen. These tests are not currently sufficient and therefore new test methods and procedures are being developed to characterize bitumen. The main topic of the performance-based approach to assessing the properties of bituminous binders is the assessment of properties in terms of pavement characteristics such as set, fatigue and frost cracking. It is also important to assess the change in the properties of bitumen during the production and laying of the asphalt mix. The study is aimed at studying the viscosity-temperature behavior and fundamental properties represented by penetration and softening temperature of pavement samples.

Keywords: Bitumen, empirical test, bitumen composition, dynamic viscosity, viscosity.

REFERENCES

1. Gureev, A. A., Konovalov, A. A. and Samsonov, V. V. (2008) 'Sostoyanie i perspektivy razvitiya proizvodstva dorozhnykh vyazhushchikh materialov v Rossii'. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. [Status and development prospects for the production of road binders in Russia. The world of petroleum products. Bulletin of oil companies.]. №1. Pp. 12-16.
2. Kotov, S. V. (2006) Aprobatsiya tekhnologii polucheniya bituma povyshennoi dolgovechnosti v usloviyakh Syzranskogo NPZ. *Neftepererabotka i neftekimiya. Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i peredovoi opyt*. [Approbation of the technology for obtaining bitumen of increased durability in the conditions of the Syzran refinery. Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices.]. №6. Pp. 32-34.

3. Gun, R. B. (1973) *Neftyanye bitумы*. [Petroleum bitumen]. B. i. Moscow, P. 432.
4. Durchanskaya, D., Deki, M., Libchinski, R. and Khuzlik, I. (2013). *Proekt SPENS – ustoichivoe dorozhnoe pokrytie dlya novykh evropeiskikh stran-chlenov*. [The SPENS project is a sustainable road surface for the new European member countries]. Vol. 15. №2. Pp. 49-55. ISSN 1335-4205.
5. Grudnikov, I. B. (1983) *Proizvodstvo neftyanykh bitumov*. [Oil bitumen production]. Khimiya, Moscow.
6. Dzh. Nikols (1998). *Asfal'tovye pokrytiya – Rukovodstvo po asfal'tovym pokrytiyam i sposobam obrabotki, ispol'zuemym dlya pokrytiya dorozhnykh pokrytii*. *Laboratoriya transportnykh issledovaniy*. [Asphalt Pavements – A guide to asphalt pavements and the treatments used to pave road surfaces. Transport Research Laboratory]. ISBN 0-419-23110-2.
7. Khudyakova, T. (2005) 'Zagadki rossiiskogo bituma, ili v poiskakh istiny'. *Avtomobil'nye dorogi*. [Riddles of Russian bitumen, or in search of truth. Car roads.]. №2. Pp. 72-77.
8. Ismagilova, Z. F., Dzheksenov, M. K., Ismagilov, F. R. and Bogatyrev, T. S. (2018) 'Issledovanie aminov v reaktsii sinteza reagentov dlya neutralizatsii serovodoroda v zhidkoi srede'. *Soobshchenie 1. Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i peredovoi opyt*. [Study of amines in the reaction of synthesis of reagents for the neutralization of hydrogen sulfide in a liquid medium. Message 1. Oil refining and petrochemistry. Scientific and technical achievements and best practices]. №8. Pp. 26-29.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.32

DOI: 10.34708/GSTOU.2022.50.97.008

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

©¹А. Х. Аласханов, ¹Х. Э. Таймасханов, ^{1,2}М. С. Сайдумов,
²Т. С-А. Муртазаева

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²Академия наук Чеченской Республики, Грозный, Россия

В настоящей статье рассмотрены современные подходы к разработке многокомпонентных вяжущих с использованием техногенного сырья в виде отходов разборки бетонных конструкций, сносимых или разрушаемых зданий и сооружений. Предметом исследования и анализа является мелкая фракция бетонного лома, которая, наряду с портландцементом и различными химическими добавками, рассматривается как один из основных компонентов получения многокомпонентных вяжущих.

Ключевые слова: техногенное сырье, многокомпонентные вяжущие, тонкомолотый микронаполнитель, реакционная способность, бетон.

Современный мир, с его каждодневными угрозами существования вследствие военных действий, природных, техногенных экологических катастроф, не способен гарантировать комфортное существование системы «человек – материал – среда обитания». При этом защита человека, как самого важного элемента этой системы, должна обеспечиваться разработкой эффективных, адаптированных к условиям существования, материалов. В строительном материаловедении такими материалами в идеале могут стать бесцементные композиции или композиции с минимальным расходом цемента [1], так как цементное производство ухудшает экологическую ситуацию, делая тем самым среду обитания человека некомфортной. Следовательно, одним из важнейших направлений решения этой задачи становится разработка и внедрения композиционных вяжущих (КВ) с применением

химических добавок и минеральных наполнителей [2].

Перспективным направлением в получении композиционных вяжущих для особых видов бетонов [3] считается повышение помолом реакционной способности цемента, причем помолу может подвергаться как чистый портландцемент, который на выходе называется тонкомолотый цемент (ТМЦ), так и помол портландцемента вместе с пластифицирующими химическими реагентами (добавками), в результате чего получается так называемое вяжущее низкой водопотребности (ВНВ), обладающее высокой прочностью и низкой водопотребностью.

Применениями КВ с различными добавками вместо цемента в 2-3 раза повышает время начала схватывания и окончания реакций формирования структуры бетонной смеси, что дает возможность его транспортировки на

Результаты исследования ВНВ

Название вяжущего	Наименование минерального наполнителя	Нормальная густота, %	Активность в 28 суток, МПа $R_{изг} / R_{сж}$
ПЦ М500 Д0	-	26	6/53
То же с добавкой С-3 в количестве 1,0%	-	22	8/64
ВНВ100	-	15	10/88
ВНВ50	Песок строительный	16	7/61
ВНВ30	То же	18	6/42
ВНВ50	Шлак доменный гранулированный	17	7/60
ВНВ30	Зола-унос	18	6/53

значительные расстояния. Это очень важный аспект в плане уменьшения проектирования бетонных заводов для каждого района строительства [4].

Результаты работ по изучению ВНВ (таблица 1) [5, 6, 7, 8] показали понижение водо-

потребности бетонных смесей на 30%, что позволило говорить о существенном повышении эффективности его применения.

В то же время, перемещение и хранение столь высокоактивных вяжущих предопределяет повышение скорости деактивации [8]. Как

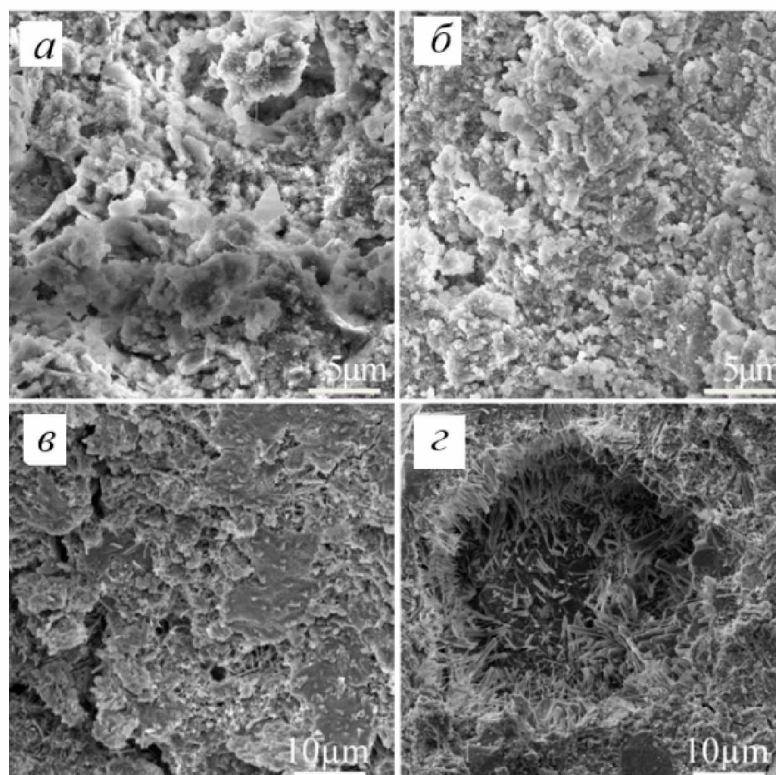


Рис. 1. Картина микроструктуры новообразований в 28-мисуточном возрасте [2]: чистый цементный камень (а, в) и цементный камень на разработанном KB (б, г)

известно, обычный ПЦ М500 через 2-3 месяца хранения может потерять до пятой части своей активности. Именно поэтому мировая практика производства цемента ограничивается маркой не выше.

Самым энергоемким компонентом бетона по праву считается портландцемент (энергоёмкость цемента в сравнении с другими компонентами составляет 70%). В то же время, как считают авторы [3-11], главным ориентиром для решения комплексной проблемы снижения расходов при получении портландцемента следует признать внедрение многокомпонентных вяжущих, при производстве которых на 25-30% снижаются затраты на топливо и клинкер в сравнении с бездобавочными цементами.

Изучение микроструктуры [2-12] разных цементов показало, что цементный камень чистоклинкерного цемента характеризуется матрицей с достаточно большим объемом микротрещин и пустот, что является следствием плохой их раскristализованности и наличием рентгеноаморфных новообразований, и наряду с ними просматриваются (рисунок 1 а, в) гексагональные пластины портландита.

Использование КВ [12, 13-16] обеспечивает уплотнение микроструктуры, дает возможность четко увидеть игольчатые и пластинчатые новообразования различной структуры, которые, как правило, заполняют анизометрич-

ные и изометричные объемы пустот (рисунок 1 б, г), тем самым обеспечивая образование жесткой матрицы с пониженной пористостью и способствуя упрочнению самого цементного камня.

Работа с применением КВ 17-22 [13-20] (однокомпонентных и многокомпонентных) не представляется возможной без соответствующей предварительной активации. Под этим термином понимают разнообразные физические, физико-химические и химические воздействия (рисунок 2) на сухие и жидкофазные строительные смеси, на отдельные компоненты бетонных и растворных составов, а также и на их композиции, обеспечивая ускорение структурообразования системы, изменение структуры и регулирование свойств композиционных материалов.

Бетоны на основе активированных вяжущих имеют отличительные особенности, используемые как расчетные характеристики конструкций, которые требуют учета из-за структуры активированного цемента и его поведения при контакте с мелким и крупным заполнителем бетона. Они также оказывают существенное влияние на протекание процесса и картину разрушения бетонных образцов под нагрузкой, изменяя верхнюю и нижнюю границы образования микротрещин бетона, а также изменяя показатели долговечности. Отличи-



Рис. 2. Методы активации вяжущего

тельной особенностью характера разрушения бетонов на активированных вяжущих является образование объемной зоны предварительного разрушения и сопровождение разрушения испытуемых образцов на сжатие взрывом.

Бетон с применением активированного цемента в составе характеризуется однородной объемной структурой, что способствует снижению накопивших напряжений в контактной зоне заполнитель – цементный камень, вследствие чего деформации бетона под нагрузкой имеют более длительный период и происходят без микроразрушений.

В современных бетонах нового поколения проблема повышения эффективности вторичного использования техногенного сырья в значительной степени решается путем их использования в качестве микронаполнителей для композиционных вяжущих, получаемых с размером частиц 5-10 мкм и показателем удельной поверхности 4500-5000 см²/г.

Помимо химических добавок в структуру композиционного вяжущего вещества или бетона вводят и другие добавки минерального происхождения. Наиболее революционными добавками считаются минеральные наполнители техногенной природы – микрокремнезем, высокодисперсные золы ТЭС, продукты дробления строительного лома и т. д., которые при правильном подходе улучшают структуру цементного камня и способствуют повышению ранней прочности и плотности бетона.

К тому же на сегодняшний день актуальной проблемой цементной индустрии многих стран является максимально возможное уменьшение выбросов CO₂ и решение проблем его энерго- и ресурсосбережения. В числе основных, а в отдельных государствах и главным решением обозначенной задачи считают применение КВ с минеральными добавками.

Положительный эффект от использования минеральных добавок, в том числе и техногенного происхождения, в рецептурах, композиционных вяжущих для тяжелых бетонов, включая высокопрочные композиты для современного строительства, отмечается в научных трудах [2-4, 16-20], авторы которых исходят из принципа сродства структур сырьевых компонентов различного генезиса.

Таким образом, настоящий этап развития строительного материаловедения характеризуется стремлением создавать «зеленые композиты» для оптимизации системы «Человек – материал – среда обитания» в рамках концепции устойчивого развития вопросов энерго- и ресурсосбережения и улучшения экологической обстановки. Это подразумевает развитие технологии «зеленых композитов» и «зеленого строительства» с комплексным использованием техногенного сырья в виде многотоннажных отходов разборки зданий и сооружений, что имеет важное экологическое значение для страны и мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесовик В. С., Володченко А. А. Геоника (Геомиметика). Теоретические основы природоподобных технологий // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование: Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина» на Международном Косыгинском Форуме-2019 «Современные задачи инженерных наук». 2019. С. 119-123.
2. Федюк Р. С., Мочалов А. В. Композиционные вяжущие для бетонов повышенной ударной стойкости // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2018. №4 (200). С. 85-91.
3. Муртазаев С-А. Ю., Аласханов А. Х., Сайдумов М. С. Композиционные гипсовые вяжущие на основе золошлакового наполнителя и комплексной химической добавки // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М. Д. Миллионщикова. 2013. №12-13. С. 151-158.
4. Клюев А. В. Композиционные вяжущие для фибробетонов // Международный научно-исследовательский журнал. Технические науки. 2015. №4 (35). С. 61-66.

5. *Фомина Е. В., Лесовик В. С., Айзенштадт А. М.* Снижение аутогенной усадки композиционного вяжущего с использованием туфа // Региональная архитектура и строительство. 2019. №4 (41). С. 48-55.
6. *Фишер Х. Б.* Композиционные вяжущие и самоуплотняющиеся фибробетоны для защитных сооружений / *Х. Б. Фишер, Р. С. Федюк, А. В. Мочалов [и др.]* // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2018. №7. С. 77-85.
7. *Толстой А. Д., Лесовик В. С., Новиков К. Ю.* Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. №2 (17). С. 174-180.
8. *Толстой А. Д., Лесовик В. С., Ковалева И. А.* Композиционные вяжущие для порошковых бетонов с промышленными отходами // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016. №1. С. 6-9.
9. *Баженов Ю. М.* Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений [Текст]: научное издание / *Ю. М. Баженов, Д. К.-С. Батаев, С.-А. Ю. Муртазаев, Х. Н. Мажиев.* Грозный: ИП «Султанбегова Х. С.», 2011. 342 с.
10. *Муртазаев С. А. Ю.* Перспективы использования отходов цементной промышленности / *С. А. Ю. Муртазаев, В. Х. Хадисов, М. Ш. Саламанова, М. М. Мовсулов* // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 258-265.
11. *Исмаилова З. Х.* Строительные растворы с использованием комплексных минеральных добавок из золошлаковых смесей / *Исмаилова З. Х., Муртазаев С. А. Ю., Успанова А. С.* // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, докт. технич. наук, проф. Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 347-354.
12. *Баженов Ю. М.* Обзор современных высокоэффективных бетонов / *Ю. М. Баженов, Р. С. Федюк, В. С. Лесовик* // Научно-технологические инновации. Электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. С. 45-49.
13. *Сайдумов М. С.* Техногенные отходы как сырьевая база для получения современных строительных композитов / *М. С. Сайдумов, С. А. Ю. Муртазаев, А. Х. Аласханов, Дагин И. С. [и др.]* // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. №7. С. 31-35.
14. *Муртазаев С.-А. Ю.* Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах / *С.-А. Ю. Муртазаев, З. Х. Исмаилова* // Строительные материалы. 2008. №3. С. 57-61.
15. *Алиев С. А.* Использование отходов разработки вулканического туфа для получения современных бетонных композитов [Текст] / *С. А. Алиев, С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова [и др.]* // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. №4. С. 32-35.
16. *Муртазаев С.-А. Ю.* Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья [Текст]: научное издание / *С.-А. Ю. Муртазаев, Д. К.-С. Батаев, З. Х. Исмаилова [и др.]*. М.: «Комтехпринт», 2009. 142 с.
17. *Муртазаев С.-А. Ю.* Формирование структуры и свойств бетонов на заполнителе из бетонного лома / *С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, М. И. Гишлакаева* // Бетон и железобетон. 2008. №5. С. 25-28.
18. *Bataev D. K.-S.* Utilization of cement kiln dust in production of alkali-activated clinker-free binders / *D. K.-S. Bataev, M. Sh. Salamanova, S. A. Yu. Murtazaev, S. S. Viskhanov* // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). 2019. С. 457-460.
19. *Murtazaev S.-A. Yu.* Building demolition products as a secondary raw material for high-strength concrete / *S.-A. Yu. Murtazaev, M. S. Saidumov, A. Kh. Alaskhanov [and etc.]* // Atlantis

Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). 2019. С. 476-480.

20. *Bazhenov Yu. M.* High-strength concretes based on anthropogenic raw materials for earthquake resistant high-rise construction / *Yu. M. Bazhenov, S.-A. Yu. Murtazaev, Bataev D. K.-S. [and etc.]* // *Engineering Solid Mechanics*. 2021. Т. 9. №3. С. 335-346.

MODERN APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF MULTI-COMPONENT BINDERS USING MAN-MADE RAW MATERIALS

© ¹A. Kh. Alashanov, ¹Kh. E. Taymaskhanov,
¹²M. S. Saydumov, ²T. S-A. Murtazaeva

¹ *GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikova, Grozny, Russia*

² *Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny, Russia*

This article discusses modern approaches to the development of multicomponent binders using technogenic raw materials in the form of waste from the dismantling of concrete structures, demolished or destroyed buildings and structures. The subject of research and analysis is the fine fraction of concrete scrap, which, along with Portland cement and various chemical additives, is considered as one of the main components in the production of multicomponent binders.

Keywords: technogenic raw materials, multicomponent binders, finely ground microfiller, reactivity, concrete.

REFERENCES

1. Lesovik, V. S. and Volodchenko, A. A. (2019) ‘Geonika (Geomimetika). Teoreticheskie osnovy prirodopodobnyh tehnologij’. *V sbornike: Jenergoresursojeffektivnye jekologicheski bezopasnye tehnologii i oborudovanie sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma «Vtorye mezhdunarodnye Kosyginские chtenija, priurochennye k 100-letiju RGU imeni A. N. Kosygina» na Mezhdunarodnom Kosyginском Forume-2019 «Sovremennye zadachi inzhenernyh nauk»*. [Theoretical foundations of nature-like technologies. In the collection: Energy-resource-efficient environmentally friendly technologies and equipment collection of scientific papers of the international scientific and technical symposium “Second International Kosygin Readings dedicated to the 100th anniversary of the A. N. Kosygin Russian State University” at the International Kosygin Forum-2019 “Modern problems of engineering sciences”]. Pp. 119-123.
2. Fedjuk, R. S. and Mochalov, A. V. (2018) ‘Kompozicionnye vjzhushhie dlja betonov povyshennoj udarnoj stojkosti’. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki*. [Composite binders for concretes of increased shock resistance. *Izvestia of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical sciences*]. №4 (200). Pp. 85-91.
3. Murtazaev, S-A. Ju., Alashanov, A. H., Sajdumov, M. S. (2013) ‘Kompozicionnye gipsovyje vjzhushhie na osnove zoloshlakovogo napolnitelja i kompleksnoj himicheskoj dobavki’. *Trudy Groznenskogo gosudarstvennogo nefljanogo tehnicheskogo universiteta im. akademika*

- M. D. Millionshchikova. [Composite gypsum binders based on ash and slag filler and a complex chemical additive. Proceedings of the Grozny State Oil Technical University. Academician M. D. Millionshchikov]. №12-13. Pp. 151-158.
4. Kljuev, A. V. (2015) 'Kompozicionnye vjzhashhie dlja fibrobetonov'. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. Tehniceskie nauki*. [Composite binders for fiber-reinforced concrete. International Research Journal. Technical science]. №4 (35). Pp. 61-66.
 5. Fomina, E. V., Lesovik, V. S. and Ajzenshtadt, A. M. (2019) 'Snizhenie autogennoj usadki kompozicionnogo vjzhashhego s ispol'zovaniem tufa'. *Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo*. [Reduction of autogenous shrinkage of a composite binder using tuff. Regional architecture and construction], №4 (41). Pp. 48-55.
 6. Fisher, H. B., Fedjuk, R. S. and Mochalov, A. V. [i dr.] (2018) 'Kompozicionnye vjzhashhie i samouplotnjajushiesja fibrobetony dlja zashhitnyh sooruzhenij'. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. [Composite binders and self-compacting fibrous concrete for protective structures. Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov]. №7. Pp. 77-85.
 7. Tolstoj, A. D., Lesovik, V. S. and Novikov, K. Ju. (2016) 'Vysokoprochnye betony na kompozicionnyh vjzhashhih s primeneniem tehnogennogo syr'ja'. *Izvestija vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. [High-strength concretes based on composite binders using technogenic raw materials. Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real estate], №2 (17). Pp. 174-180.
 8. Tolstoj, A. D., Lesovik, V. S. and Kovaleva, I. A. (2016) 'Kompozicionnye vjzhashhie dlja poroshkovykh betonov s promyshlennymi othodami'. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. [Composite binders for powdered concrete with industrial waste // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov], №1. P. 6-9.
 9. Bazhenov, Ju. M., Bataev, D. K.-S., Murtazaev, S.-A. Ju. and Mazhiev, H. N. (2011) Melkozernistye betony iz vtorichnogo syr'ja dlja remonta i vosstanovlenija povrezhdennyh zdaniy i sooruzhenij, nauchnoe izdanie. [Composite binders for powdered concrete with industrial waste. Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov]. Grozny, IP «Sultanbegova H. S.», 342 c.
 10. Murtazaev, S. A. Ju., Hadisov, V. H., Salamanova, M. Sh. and Movsulov, M. M. (2019) 'Perspektivy ispol'zovaniya othodov cementnoj promyshlennosti'. *V sbornike: Sovremennye problemy v stroitel'stve: postanovka zadach i puti ih reshenija: sbornik nauchnyh statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet*. Pp. 258-265.
 11. Ismailova, Z. H., Murtazaev, S. A. Ju. and Uspanova, A. S. (2016) 'Stroitel'nye rastvory s ispol'zovaniem kompleksnyh mineral'nyh dobavok iz zoloshlakovyh smesej'. *V sbornike: Intellektual'nye stroitel'nye kompozity dlja zelenogo stroitel'stva: Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija, posvjashhennaja 70-letiju zasluzhennogo dejatelja nauki RF, chlena-korrespondenta RAASN, doktora tehniceskikh nauk, professora Valerija Stanislavovicha Lesovika*. Pp. 347-354.
 12. Bazhenov, Ju. M., Fedjuk, R. S. and Lesovik, V. S. (2019) 'Obzor sovremennyh vysokojeffektivnyh betonov'. *Naukoemkie tehnologii i innovacii. Jelektronnyj sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 65-letiju BGTU im. V.G. Shuhova*. Pp. 45-49.
 13. Sajdumov, M. S. Murtazaev, S. A. Ju., Alashanov, A. H. and Dagin, I. S. [i dr.] (2019) Tehnogennye othody kak syr'evaja baza dlja poluchenija sovremennyh stroitel'nyh kompozitov. *Ekologija i promyshlennost' Rossii*. [Technogenic waste as a raw material base for obtaining modern building composites. Ecology and industry of Russia]. Vol. 23. №7. Pp. 31-35.
 14. Murtazaev, S.-A. Ju. and Ismailova, Z. H. (2008) 'Ispol'zovanie mestnyh tehnogennyh othodov v melkozernistykh betonah'. *Stroitel'nye materialy*. [The use of local industrial waste in fine-grained concrete. Building materials]. №3. Pp. 57-61.
 15. Aliev, S. A. Murtazaev, S.-A. Ju. and Salamanova, M. Sh. [i dr.] (2017) Ispol'zovanie othodov razrabotki vulkanicheskogo tufa dlja poluchenija sovremennyh betonnyh kompozitov. *Ekologija*

- i promyshlennost' Rossii. [The use of waste from the development of volcanic tuff to obtain modern concrete composites. Ecology and Industry of Russia]. Vol. 21. №4. Pp. 32-35.
16. Murtazaev, S.-A. Ju. Bataev, D. K.-S. Ismailova, Z. H. [i dr.] (2009) Melkozernistye betony na osnove napolnitelej iz vtorichnogo syr'ja. [Fine-grained concretes based on recycled fillers. Scientific publication. Nauchnoe izdanie, «Komtelprint», Moscow, 142 p.
 17. Murtazaev, S.-A. Ju. Salamanova, M. Sh. and Gishlakaeva, M. I. (2008) 'Formirovanie struktury i svojstv betonov na zapolnitele iz betonnoho loma'. *Beton i zhelezobeton*. [Formation of the structure and properties of concrete on aggregate from concrete scrap. Concrete and reinforced concret], №5. Pp. 25-28.
 18. Bataev, D. K.-S., Salamanova, M. Sh., Murtazaev, S. A. Yu. and Viskhanov, S. S. (2019) 'Utilization of cement kiln dust in production of alkali-activated clinker-free binders'. In collection: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Pp. 457-460.
 19. Murtazaev, S.-A. Yu., Saidumov M. S. and Alaskhanov A. Kh. [and etc.] (2019) 'Building demolition products as a secondary raw material for high-strength concrete'. In collection: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov (ISEES 2019). Pp. 476-480.
 20. Bazhenov, Yu. M., Murtazaev, S.-A. Yu. and Bataev, D. K.-S. (2021) 'High-strength concretes based on anthropogenic raw materials for earthquake resistant high-rise construction'. *Engineering Solid Mechanics*. Vol. 9. №3. Pp. 335-346.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ ПРОГРАММ КОМПЛЕКСНОГО BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© С. А. Алиев, И. С-А. Муртазаев, С-М. М. Хамзаев
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Статья посвящена обзору наиболее распространенных решений среды комплексного проектирования. Рассмотрена актуальность выбранного исследования. Подобраны критерии сравнения выбранных программных средств с обоснованием. Проведено сравнение с результатом в табличной форме. Выявлены преимущества и недостатки каждой из программ. Приведены рекомендации по выбору и применению программного обеспечения проектными организациями с различным количеством сотрудников. В заключение отмечены возможные пути дальнейшего развития по рассматриваемому вопросу исследований.

Ключевые слова: технология BIM, системы автоматизированного проектирования, программы комплексного проектирования, Autodesk Revit, OpenBuildings Designer, Renga.

В настоящее время важным элементом развития строительной отрасли является ее цифровизация. Информационные технологии способны на разных этапах обеспечивать строительство прозрачностью, легкостью передачи, хранения и защиты информации [1, 2]. Кроме того, при должной проработке процесса применения информационные технологии могут обеспечить сокращение сроков строительства в целом. Особенно актуальным данное обстоятельство становится в связи с распространяющейся повесткой внедрения BIM-технологии, которая обязательна к наличию в результатах проектирования в соответствии с Постановлением Правительства РФ №331 [3] для бюджетных заказов. Следовательно, для процесса проектирования, являющегося базовым для формирования информационной модели, является наиболее актуальным выбор необходимого программного обеспечения. Среди разных подходов формирования программных сред для BIM-проектирования (среди которых также мультивендорная программная среда) наибольшее распространение получили СА-ПР-системы для комплексного проектирования [4].

Программы комплексного проектирования или программы для многопрофильного строительства – системы, позволяющие одно-

временно осуществлять разработку различных разделов проектной документации в одной программе [5]. Как было отмечено, выше данные системы получили наибольшее распространение. Чаще всего подобные САПР-комплексы противопоставляют проектированию в моновендорной среде, когда основные разделы разрабатываются в нескольких программах одного разработчика, либо мультивендорной среде, когда основные разделы разрабатывают в нескольких программах различных разработчиков. Однако следует оговориться, что на данный момент нет известных практик выполнения полного комплекта проектной документации в одной САПР-системе. Программы комплексного проектирования позволяют осуществлять разработку только основных разделов. Также следует отметить, что главное преимущество программ по комплексному проектированию заключается в обмене информацией между смежными разделами. Так, если в мультивендорной среде обмен чаще всего «сложный» и «грубый», в моновендорной среде – «легкий» и «простой», то в программах комплексного проектирования он совершенно бесшовный.

Основными представителями программ комплексного проектирования, которые будут рассмотрены в данной работе, являются:

- Revit от Autodesk
- OpenBuildings Designer от Bentley Systems
- Renga от АСКОН и 1-C

Autodesk Revit

Revit является абсолютным лидером на рынке BIM-проектирования и имеет долгую историю разработки, начиная с 1997 года. За столь долгий период был накоплен огромный опыт в оптимизации процесса проектирования и формирования будущей концепции информационного моделирования.

Программа имеет ленточный интерфейс, который в основном делит функционал программы для соответствующих разделов. Особенностью обладает структура компонентов формирования информационной модели: категории-семейства-типоразмеры-экземпляр. Подобная иерархия позволяет упорядочить информацию об объекте капитального строительства. Однако у подобной структуры есть свои недостатки. Новым пользователям трудно осваивать и переходить на данный программный комплекс. Revit имеет очень широкий функционал для автоматизации процесса проектирования. Однако чаще всего это сказывается на производительности, что требует

совершенствования технического оснащения проектной организации.

Следует отметить, что на данный момент развитие программы сильно замедлилось. В основном данное обстоятельство связывают с тем, что программный код настолько усложнился, что программистам слишком трудно осваивать его изменение, учитывая, что первые разработчики давно потеряны компанией.

OpenBuildings Designer

OpenBuildings Designer представляет из себя объединение AECOSim и Speedikon под крылом Bentley Systems. Программа AECOSim была предназначена для проектирования зданий гражданского сектора, а Speedikon – для проектирования предприятий. Данный симбиоз позволил программному комплексу выйти на конкурентную арену против Autodesk Revit.

Интерфейс программы сильно схож со всеми программами линейки Bentley Systems. Он представлен ленточным интерфейсом и прочими особенностями проработки деталей информационных моделей.

Renga

Renga является продуктом разработчиков компании Renga Software, совместного пред-

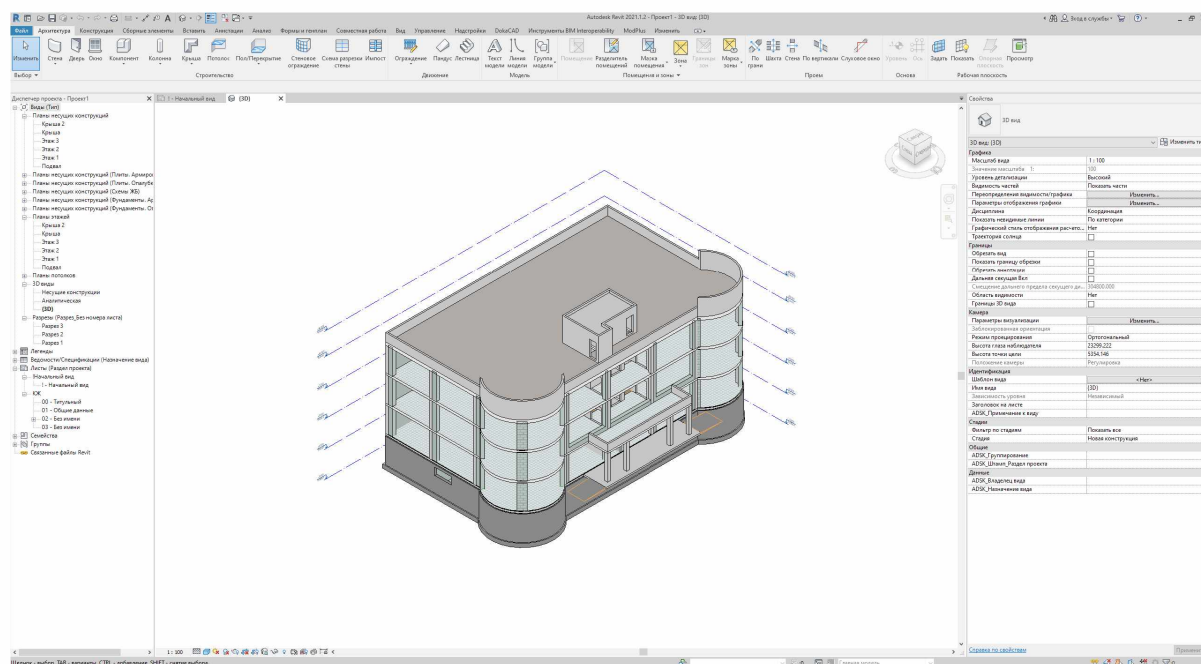


Рис. 1. Общий интерфейс и рабочее пространство программы Autodesk Revit

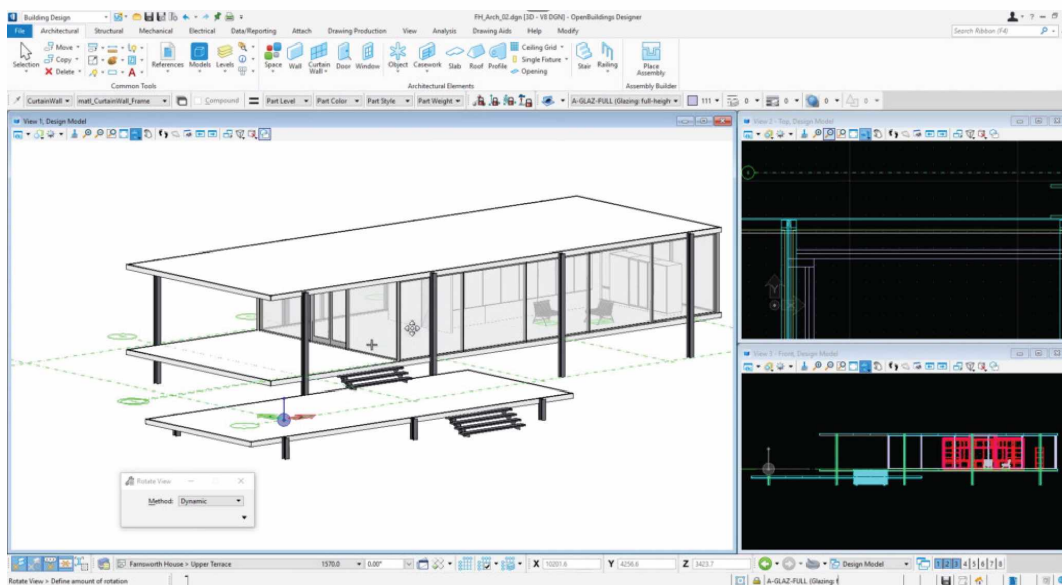


Рис. 2. Общий интерфейс и рабочее пространство программы OpenBuildings Designer

приятия АСКОН и 1С. Программа является отечественной разработкой и имеет ряд уникальных особенностей.

Renga имеет уникальный дизайн интерфейса. Данное обстоятельство обеспечивает программе легкость освоения, простоту и удобство использования. Однако сказывается малый опыт разработчиков. Программе сильно не хватает функциональных возможностей работы с геометрией и редактирования атрибутов некоторых компонентов.

Renga имеет возможности проектирования архитектуры, строительных конструкций и ин-

женерных систем. Имеются возможности интерактивной работы со спецификациями. Программа позволяет гибко настраивать выпуск графической документации в соответствии с отечественными нормативными стандартами.

Анализ критериев сравнения программных средств

Для корректного сравнения вышеперечисленных программных комплексов следует привести объективные критерии сравнения.

Наиболее важным критерием в сравнении предлагается *оценка количества* разрабатываемых разделов САПР-системами. Эта характе-

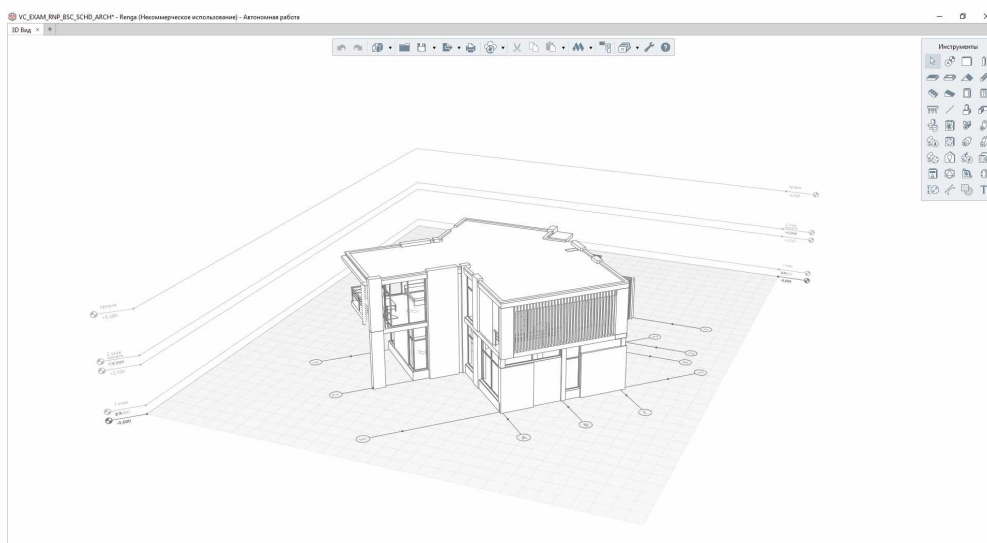


Рис. 3. Общий интерфейс и рабочее пространство программы Renga

ристика наиболее сильно отражает проблему данной работы.

Следующим важнейшим критерием представляется *цена* программного обеспечения. Стоимость применяемых программных средств является важным фактором формирования цены результатов проектирования.

Не менее важными элементами программных комплексов представляются *легкость освоения* и *простота использования*. Первое обстоятельство формирует цену обучения сотрудников. Простота использования важна для рабочего комфорта и удобства применения.

Далее следует разобрать наличие основных функциональных возможностей. Предлагаются следующие критерии сравнения:

- Возможности создания геометрии
- Возможности редактирования геометрии
- Возможности назначения атрибутов компонентов
- Возможности координации смежных разделов
- Возможности настройки осуществления совместной работы
- Возможности автоматизации рутинных процессов
- Возможности обмена информацией с другими средами

Приведение матрицы сравнения

Далее, в таблицах 2, 3 и 4 предлагается дифференцировать некоторые результаты сравнения на три уровня:

Н – низкий уровень соответствия критериям сравнения;

С – средний уровень соответствия критериям сравнения;

В – высокий уровень соответствия критериям сравнения.

В таблице 2 при сравнении программ по стоимостному критерию приводятся результаты цен программных средств на годовую подписку на одно рабочее место. Данная форма подписки предлагается всеми рассматриваемыми программными комплексами и считается наиболее распространенной.

В таблице 4 по критерию возможности обмена информацией с другими средами приведено следующее соответствие:

В – Возможность обмена информацией через API;

С – Возможность обмена информацией через открытые форматы и глубокую настройку передаваемых данных;

Н – Возможность передачи информации через открытые форматы.

В результате сравнения было выявлено явное функциональное преимущество Revit. OpenBuildings Designer, возможно, станет выгодным приобретением в случае необходи-

Таблица 1
Оценка количества разрабатываемых основных разделов САПР-системами

Наименование программ	Наименование разделов проектной документации					
	ПЗУ	АР	КР	ВК	ОВ	ТХ
Autodesk Revit	+	+	+	+	+	+
OpenBuildings Designer	+	+	+	+	+	+
Renga	-	+	+	+	+	-

Таблица 2
Сравнение программных средств по стоимостным и общим эксплуатационным критериям

Наименование программ	Цена, р.	Легкость освоения	Простота использования
Autodesk Revit	118821	Н	С
OpenBuildings Designer	197501	С	С
Renga	55000	В	В

Таблица 3

Сравнение программных средств по функциональным возможностям создания информационных моделей

Наименование программ	Возможности создания геометрии	Возможности редактирования геометрии	Возможности назначения атрибутов компонентов
Autodesk Revit	В	В	В
OpenBuildings Designer	С	Н	С
Renga	Н	Н	Н

Таблица 4

Сравнение программных средств по критериям возможности организации совместной работы

Наименование программ	Возможности координации смежных разделов	Возможности конфигурации совместной работы	Возможности автоматизации повторяющихся процессов	Возможности обмена информацией с другими средами
Autodesk Revit	В	В	В	В
OpenBuildings Designer	В	С	В	С
Renga	Н	Н	Н	Н

мости работы со всем комплексом программ Bentley Systems, среди которых программы для расчетов при проектировании особо сложных объектов капитального строительства. Renga будет выгодным приобретением для организаций, впервые вступающих на поле BIM-проектирования, и для проектирования не сложных объектов. Кроме того, Autodesk Revit и OpenBuildings Designer рекомендуются для больших (500 и более сотрудников) и средних компаний (от 100 до 500 сотрудников). Renga рекомендуется для малых (до 100 сотрудников) и средних проектных организаций.

Таким образом, выбор подходящего программного обеспечения является важным вопросом при все нарастающей доле информационного моделирования. Однако из-за слож-

ных геополитических условий необходима максимальная замена иностранных продуктов на отечественные аналоги. В связи с этим, и хорошим подспорьем для проектировщиков является отечественная, конкурентоспособная BIM-система Renga. Как было отмечено, Renga имеет свои сильные и слабые стороны по сравнению с иностранными аналогами, однако включение продуктов в образовательный процесс в специализированных вузах с двухсторонним взаимодействием между компанией и вузами в вопросах улучшения продукта может привести к значительному росту присутствия продуктов Renga на отечественном рынке для решения задач, указанных в Постановлении Правительства России №331 от 5 марта 2021 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батынцева Е. В., Горлова М. А. Анализ преимуществ использования BIM-технологий в строительстве // Моя профессиональная карьера. 2019. Т. 1. № 4. С. 90-94.
2. Ильинова В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-opyt-ispolzovaniya-bim-tehnologiy-v-stroitelstve> (дата обращения: 06.12.2021).

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 №331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».
4. URL: <https://zen.me/1aaOdY>. Вадим Муратов. BIM в России и СНГ: результаты большого опроса.
5. *Алиев С.А.* Анализ устойчивости проектирования с помощью систем информационного моделирования зданий на концептуальном этапе проектирования / *Алиев С.А., Бейбулатов А.М., Муртазаева Р.С. А.* // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М. Д. Миллионщикова. 2018. № 16-17. С. 36-43.

MODERN APPROACHES TO THE CHOICE OF INTEGRATED BIM-DESIGN PROGRAMS

© S. A. Aliev, I. S-A. Murtazaev, S-M. M. Khamzaev
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The article is devoted to an overview of the most common solutions for the integrated design environment. The relevance of the selected study is considered. The criteria for comparing the selected software tools with justification have been selected. A comparison was made with the result in tabular form. The advantages and disadvantages of each of the programs are revealed. Recommendations are given for the selection and use of software by design organizations with a different number of employees. In conclusion, possible ways of further development on the research issue under consideration are noted.

Keywords: BIM technology, computer-aided design systems, complex design programs, Autodesk Revit, OpenBuildings Designer, Renga

REFERENCES

1. Batyshcheva, E. V. and Gorlova, M. A. (2019) 'Analiz preimushchestv ispol'zovaniya BIM-tekhnologii v stroitel'stve'. *Moya professionalnaya karera*. [Analysis of the benefits of using BIM technologies in construction. My professional career]. V. 1. № 4. Pp. 90-94.
2. Ilinova, V. V., Mitsevich, V. D. (2021) Mezhdunarodnyi opyt ispol'zovaniya BIM-tekhnologii v stroitel'stve // Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik. №6. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-opyt-ispolzovaniya-bim-tehnologiy-v-stroitel'stve> (Accessed 06.12.2021).
3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 05.03.2021 № 331 «Ob ustanovlenii sluchaya, pri kotorom zastroishchikom, tekhnicheskim zakazchikom, litsom, obespechivayushchim ili osushchestvlyayushchim podgotovku obosnovaniya investitsii, i (ili) litsom, otvetstvennym za ekspluatatsiyu ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva, obespechivayutsya formirovanie i vedenie informatsionnoi modeli ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva»
4. Available at: <https://zen.me/1aaOdY>. Vadim Muratov. BIM v Rossii i SNG: rezultaty bol'shogo oprosa
5. Aliev, S. A., Beibulatov, A. M. and Murtazaeva, R. S. (2018) 'Analiz ustoichivosti proektirovaniya s pomoshch'yu sistem informatsionnogo modelirovaniya zdaniy na kontseptual'nom etape proektirovaniya'. *Trudy Groznenskogo gosudarstvennogo neftyanogo tekhnicheskogo universiteta im. akademika M.D. Millionshchikova*. [Analysis of design sustainability using building information modeling systems at the conceptual stage of design], № 16-17. Pp. 36-43.

ИСПЫТАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ПОД ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

© ^{1,2} С.-А. Ю. Муртазаев, ^{1,2} М. Ш. Саламанова, ¹ А. А. Габашев

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²КНИИ РАН им. Х. И. Ибрагимова, Грозный, Россия

Эксплуатационная надежность и долговечность объектов строительства зависит от качества последовательно выполняемых технологических операций. Испытание грунтов – достаточно ответственный технологический процесс при устройстве основания под фундаменты, учитывая, что именно способность основания не деформируясь выдерживать нагрузки от здания определяет надежность функционирования зданий и сооружений на протяжении всего жизненного цикла.

В работе представлены результаты испытаний грунтов для определения максимальной плотности, оптимальной влажности и вида грунта. Проведенные исследования показали, что грунты, используемые для создания искусственного основания, необходимо подбирать с таким расчетом, чтобы обеспечить легкую трамбуемость и укатываемость, создавая при этом плотный и непроницаемый слой без образования пустот и впадин.

Ключевые слова: грунт, основание, оптимальная влажность, максимальная плотность, уплотнение, супесь, глинистые частицы, суглинки.

Строительство гражданских и промышленных зданий и сооружений следует считать одним из важных факторов жизнеобеспечения человека, которое напрямую влияет на социальный уровень его среды обитания, экономический рост общества, ну и, конечно же, влияет на красоту, комфорт и престиж строящихся улиц и домов. Эксплуатационная надежность и долговечность объектов строительства зависит от грамотного выполнения последовательных технологических переделов, а их несоблюдение может привести к непоправимым последствиям [1, 2].

Испытание грунтов – достаточно ответственный этап строительства, предшествующий проектированию фундаментного основания, ведь именно от его способности деформироваться, не выдержав статические нагрузки в процессе функционирования сооружений, могут пострадать строения. Важными критериями успешного строительства следует считать тип и состав грунта, и исследование этих параметров необходимо проводить еще в начальной стадии, так как в зависимости от результатов исследования подбираются материалы,

варианты и методы строительства. Испытания грунтов необходимы и в ходе земляных работ при организации обратной засыпки котлована. Полное пространство по краям бетонного основания, называемое пазухами, должно быть максимально плотно заполнено грунтом, иначе не избежать деформаций и дальнейшего разрушения конструкций фундамента [3-5].

Необходимые параметры плотности грунта при засыпке котлованов назначаются проектом производства работ на основании проводимых стандартных испытаний, после чего устанавливаются оптимальная влажность и максимальная плотность грунта, значение фактической плотности должно быть не менее 0,95 [1]. Процесс уплотнения грунта следует проводить только при условии, когда естественная влажность (ГОСТ 5180-84) будет оптимальной. В таблице 1 представлены оптимальные влажности грунтов и допустимые отклонения влажности (коэффициент переувлажнения).

Разработку котлована необходимо производить с учетом типа грунта, связные грунты (наличие глинистых частиц > 12%), характеризующиеся недостаточной влажностью, же-

Таблица 1.

Оптимальные влажности грунтов и допустимые отклонения влажности [1]

Название грунта	Оптимальная влажность, %	Коэффициент переувлажнения
Пески пылеватые, супеси легкие крупные	8-12	1,35
Супеси легкие и пылеватые	9-15	1,25
Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые	12-17	1,15
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	16-23	1,05

лательно увлажнять непосредственно в местах проводимых работ, а несвязные грунты (при наличии глинистых частиц < 3%) увлажнять рекомендуется только в отсыпаемом слое.

При достаточно высокой влажности грунта следует его подсушить. Следовательно, для засыпки котлована желательно подбирать такой вид грунта, который легко поддается уплотнению и укатке, плотно ложится на предшествующий слой без образования пустот и впадин.

В процессе научно-технического сопровождения строящегося объекта в городе Грозный в поселке Черноречье были исследованы грун-

ты для разработки котлована, при испытаниях использовались следующие средства измерений и испытательное оборудование:

- набор (комплект) сит КП-131 для опр. гранулометрического состава грунтов;
- прибор ПСУ СОЮЗДОРНИИ (большой) стандартного уплотнения грунта;
- весы электронные AND GP-61KS;
- шкаф сушильный SNOL 67/350;
- влагомер строительных материалов ВСМ;
- комплект колец для отбора грунта.

Испытания максимальной плотности и оптимальной влажности проб грунта про-

Таблица 2.

Максимальная плотность грунта

№ испытания	Определение максимальной плотности ¹				Определение влажности пробы				Плотность сухого грунта ³ , г/см ³			
	Масса, г			Вместимость формы ² V, см ³	Плотность грунта, г/см ³	№ стаканчика весового	Масса, г			Влажность w, %		
	формы, m _c	формы с уплотнённым грунтом, m _г	Уплотнённого грунта, m _{г-мc}				пустого стаканчика	стаканчика с влажным грунтом			стаканчика с сухим грунтом	
1	5274	6685	1411	1000	1,41	011	24	122	121	0,0	1,41	
2		6777	1503		1,50			012	117	115		2,0
3		6858	1584		1,58			013	114	110		4,0
4		6944	1670		1,67			014	117	110		6,0
5		7028	1754		1,75			015	117	108		8,0
6		7113	1839		1,84			016	116	105		10,0
7		7178	1904		1,90			017	124	111		12,0
8		7216	1942		1,94			020	114	100		14,0
9		7257	1983		1,98			022	122	108		16,0
10		7137	1863		1,86			023	123	104		18,0
11		7004	1730		1,73			024	118	98		20,0

Примечание: ¹ – по п. 7.4 ГОСТ 22733-2016; ² – вместимость формы ПСУ СОЮЗДОРНИИ (прибор большой); ³ – по п. 8.1 ГОСТ 22733-2016.

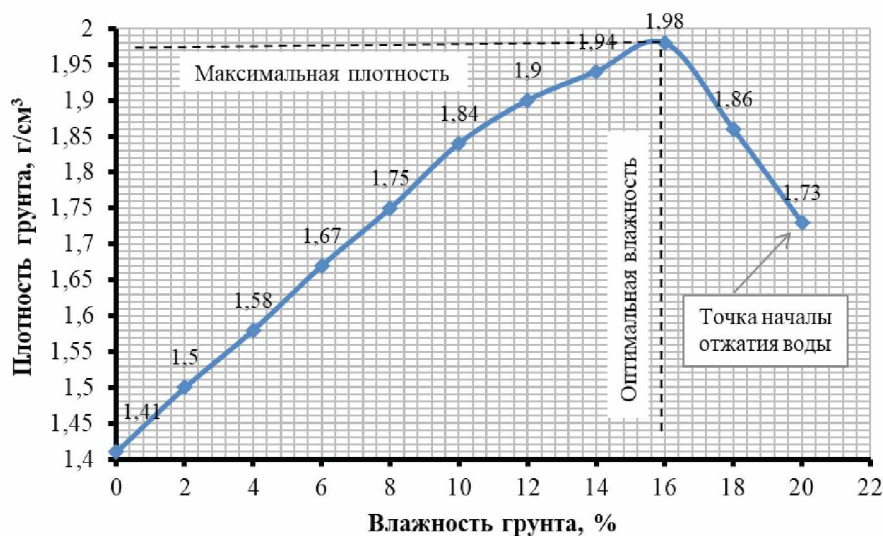


Рис. 1. Графическое оформление результатов испытаний грунта методом стандартного уплотнения

водили согласно нормативным методикам: ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности; ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик; ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов; ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация; ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. Результаты проведенных исследований проб грунта в поселке Черноречье представлены в таблицах 2, 3 и на рисунке 1.

Графическое оформление результатов испытаний грунта методом стандартного уплотнения представлено на рисунке 1. Максималь-

ная плотность грунта при соответствующей оптимальной влажности 14-16% составила 1,98 г/см³, при значении плотности 1,73 г/см³ наблюдалась точка отжатия воды. Вид грунта определяли (ГОСТ 5180-84) по границе текучести и раскатывания пробы, в результате выявлено, что проба соответствует супеси несвязного типа.

Проведенные испытания проб грунта для разработки строящегося жилого многоквартирного здания показали числовой показатель оптимальной влажности 14-16%, максимальная плотность при соответствующей влажности составила 1,98 г/см³, разновидность глинистых грунтов – супесь. В исследуемом грунте, предназначенном для обратной засыпки, дре-

Таблица 3.

Результаты испытаний грунта

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя	Примечание
1	Влажность пробы W на момент ее отбора (естественная влажность), % по массе	7,1	–
2	Влажность на границе текучести W_L , %	31,7	п. 7 ГОСТ 5180
3	Влажность на границе раскатывания W_P , %	22,4	п. 8 ГОСТ 5180
4	Число пластичности I_P , %	9,3	$I_P = W_L - W_P$
5	Разновидность глинистых грунтов	Супесь	Табл. Б. 16 ГОСТ 25100

Таблица 4.

Максимальная плотность грунта

№ испытания	Определение максимальной плотности ¹					Определение влажности пробы				Плотность сухого грунта ³ , г/см ³	
	Масса, г			Вместимость формы ² V, см ³	Плотность грунта, г/см ³	№ стаканчика весового	Масса, г				Влажность w, %
	формы, m _c	формы с уплотнённым грунтом, m _г	уплотнённого грунта, m _г - m _c				пустого стаканчика	стаканчика с влажным грунтом	стаканчика с сухим грунтом		
1	5480	7095	1615	1000	1,62	011	24	122	121	0,0	1,62
2		7107	1627		1,63	012		117	115	2,0	
3		7132	1652		1,65	013		114	110	4,0	
4		7150	1670		1,67	014		117	110	6,0	
5		7211	1731		1,73	015		117	108	8,0	
6		7312	1832		1,83	016		116	105	10,0	
7		7423	1943		1,94	017		123	111	12,0	
8		7412	1932		1,93	020		114	100	14,0	
9		7394	1914		1,91	022		122	105	16,0	
10		7356	1876		1,88	023		123	104	18,0	
11		7316	1836		1,84	024		119	98	20,0	

Примечание: ¹ – по п. 7.4 ГОСТ 22733-2016;

² – вместимость формы ПСУ СОЮЗДОРНИИ (прибор большой);

³ – по п. 8.1 ГОСТ 22733-2016.

весины, волокнистых материалов, гниющего или легкосжимаемого строительного мусора не обнаружено, что соответствует требованиям СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Полученные результаты показали, что супесь – разновидность глинистых пород несвязного типа, и она не рекомендуется для разработки как котлована, так и организации обратной засыпки.

Для засыпки котлована завозили грунт местных месторождений республики, который также предварительно исследовался по аналогичной методике. Результаты испытаний представлены в таблицах 4, 5 и на рисунке 2.

Графическое оформление результатов испытаний грунта методом стандартного уплотнения представлено на рисунке 2. Максимальная плотность грунта при соответствующей оптимальной влажности 12-14% составила

1,94 г/см³, при значении плотности 1,84 г/см³ наблюдалась точка отжатия воды. Вид грунта определяли (ГОСТ 5180-84) по границе текучести и раскатывания пробы, в результате выявлено, что проба соответствует суглинку связного типа.

Проведенные испытания проб завозного грунта для засыпки котлована строящегося жилого многоквартирного здания в поселке Черноречье показали числовой показатель оптимальной влажности 12-14%, максимальная плотность при соответствующей влажности составила 1,94 г/см³, разновидность глинистых грунтов – суглинок. В исследуемом грунте, предназначенном для обратной засыпки, дресины, волокнистых материалов, гниющего или легкосжимаемого строительного мусора не обнаружено, что соответствует требованиям СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, ос-

Таблица 5.

Результаты испытаний грунта

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя	Примечание
1	Влажность пробы W на момент ее отбора (естественная влажность), % по массе	7,3	-
2	Влажность на границе текучести W_L , %	24,5	п. 7 ГОСТ 5180
3	Влажность на границе раскатывания W_P , %	17,0	п. 8 ГОСТ 5180
4	Число пластичности I_P , %	7,5	$I_P = W_L - W_P$
5	Разновидность глинистых грунтов	Суглинок	Табл. Б. 16 ГОСТ 25100

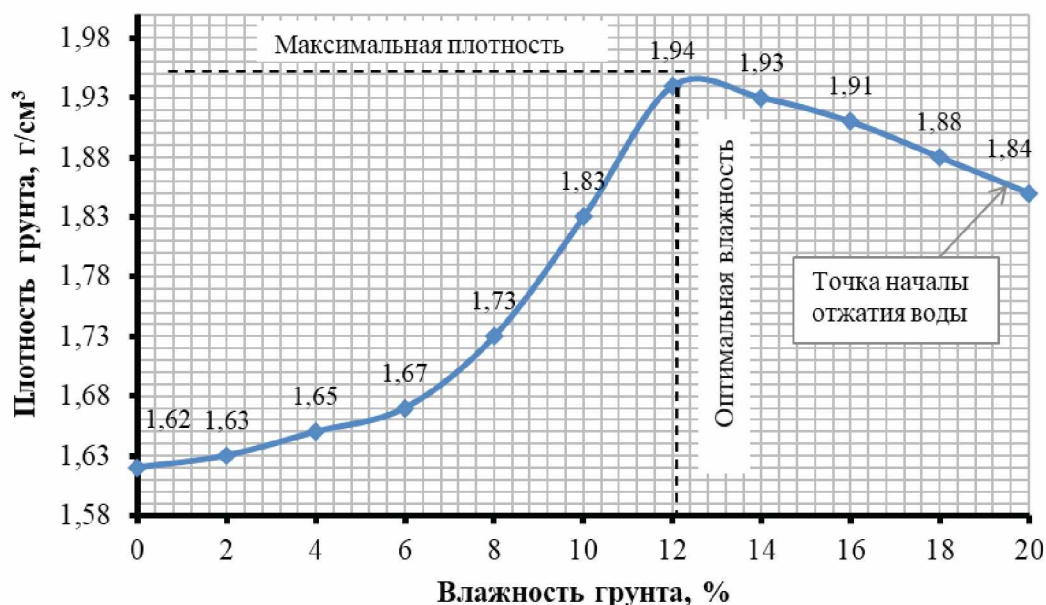


Рис. 2. Графическое оформление результатов испытаний грунта методом стандартного уплотнения

нования и фундаменты». Полученные результаты показали, что суглинок – разновидность глинистых пород связного типа, рекомендуется как для разработки котлована, так и организации обратной засыпки.

Таким образом, установлено, что эксплуатационные характеристики завозного грунта

для устройства надежного основания под фундаменты здания являются определяющими. Подбор такого грунта необходимо осуществлять с учетом его способности легко уплотняться и укатываться, создавая тем самым плотный и непроницаемый слой без образования пустот или других дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические рекомендации по технологии уплотнения грунта при обратной засыпке котлованов, траншей, пазух. ТР 73-98. Москва, 1998.

2. *Murtazayev S-A. Yu., Salamanova M.Sh., Mintsayev M.Sh., Bisultanov R. G.* Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging (Мелкозернистые бетоны на основе вяжущих щелочной активации) Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019) // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 500-503.
3. *Bataev D. K-S., Murtazayev S-A. Yu., Salamanova M. Sh., Viskhanov S. S.* Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders (Использование цементной пыли в производстве бесклинкерных вяжущих щелочной активации) / Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019) // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol. 1. P. 457-460.
4. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // MATEC Web of Conferences 27. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018” 2018. С. 04018.
5. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш., Нахаев М. П.* Возможные пути альтернативного решения проблем в цементной индустрии // Строительные материалы. 2020. №1-2. С. 73-77.

TESTING SOILS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

©^{1,2}S-A. Yu. Murtazaev, ^{1,2}M. Sh. Salamanova, ¹A. A. Gabashev

¹GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

²Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

The operational reliability and durability of construction objects depends on the quality of sequentially performed technological operations. Soil testing is a rather important technological process when constructing a foundation for foundations, given that it is the ability of the foundation to withstand the loads from the building without deforming that determines the reliability of the functioning of buildings and structures throughout the entire life cycle.

The paper presents the results of soil tests to determine the maximum density, optimal moisture content and type of soil. The conducted studies have shown that the soils used to create an artificial foundation must be selected in such a way as to ensure easy compaction and rolling, while creating a dense and impermeable layer without the formation of voids and depressions.

Keywords: soil, base, optimal moisture content, maximum density, compaction, sandy loam, clay particles, loam

REFERENCES

1. *Tekhnicheskie rekomendatsii po tekhnologii uplotneniya grunta pri obratnoi zasypke kotlovanov, transei, pazukh.* [Technical recommendations on the technology of soil compaction during backfilling of pits, trenches, sinuses]. TR 73-98. Moscow. 1998.
2. *Murtazayev, S- A. Yu., Salamanova, M. Sh., Mintsayev, M. Sh. and Bisultanov, R. G.* (2019) Fine-Grained Concretes with Clinker-Free Binders on an Alkali Gauging. Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research”

- dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). Vol. 1. P. 500-503.
3. Bataev, D. K-S., Murtazayev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Viskhanov, S. S. (2019) Utilization of Cement Kiln Dust in Production of Alkali-Activated Clinker-Free Binders. Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). Vol. 1. P. 457-460.
 4. Nesvetaev, G., Koryanova, Y., Zhilnikova, T. (2018) On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018”. С. 04018.
 5. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Nakhaev, M. R. (2020) ‘Vozmozhnye puti al’ternativnogo resheniya problem v tsementnoi industrii’. *Stroitel’nye materialy*. [Possible ways of alternative solutions to problems in the cement industry. Construction materials.]. № 1-2. Pp. 73-77.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ «МИНУТКА»

© А.С. Успанова, М.И. Ахматова, Д.А. Межидов
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В данной статье рассмотрен монтаж легких металлических конструкций в пролете арки на многофункциональном объекте «Минутка» в г. Грозный. Для Чеченской Республики возведение подобных конструкций в пролете жилых высотных зданий является уникальным опытом подобного строительства. И хотя доля возводимых легких металлических конструкций не так высока, как возведение зданий и сооружений из железобетонных конструкций, они являются востребованными конструктивными элементами. При возведении складских помещений, ангаров, производственных помещений, цехов металлические легкие конструкции пользуются явным преимуществом. Пролет между жилыми корпусами над действующей дорогой составляет 36,2 м, в пролете размещается арка с национальным орнаментом. В теле арки будут размещены металлические конструкции, с последующим размещением панорамного ресторана и сопутствующих помещений для обслуживания ресторана.

Ключевые слова: монтаж легких металлических конструкций, технология монтажа металлических конструкций, возведение легких металлических конструкций.

Современное строительное производство потребляет огромное количество ресурсов в процессе создания объектов недвижимости, которые являются основой для народного хозяйства страны в целом. Наряду с массовым применением железобетона применение легких металлических конструкций актуально по сей день, особенно в строительстве одноэтажных промышленных объектов, ангаров, складских и заводских цехов и т.п. [1]. Начиная с 1970 г. на территории нашей страны было введено в эксплуатацию более 80 млн м² объектов, сооруженных из легких металлических конструкций (ЛМК). Скорость монтажа, легкость конструктивных элементов, возможность адаптации к различным условиям возведения способствовали тому, что отечественными учеными были разработаны и унифицированы специальные двух- и трехслойные панели для обшивки ЛМК со стальной обшивкой и утеплителем [2].

Развивающийся научно-технический прогресс в строительном производстве и строительном материаловедении способствовал повышению качества металлических конструкций, надежности способов монтажа, расшире-

нию ассортимента конструктивных элементов и крепежных соединений, все это инициировало всплеск интереса к данным конструкциям в последнее время и их актуализацию. Так, за последние годы в странах Евросоюза и в США объем ЛМК в строительстве составил до 60% от всех используемых типов конструкций, в России их доля составляет не более 10% в связи массовым применением заводского железобетона.

Актуальность применения ЛМК кроется в снижении материалоемкости возводимых конструкций, в повышении технологичности строительных конструкций за счет разработки и применения новых форм сечений и современных конструктивных систем, модернизацией методов расчета ЛМК. Кроме того, ЛМК позволяют воплощать в реальность разнообразные строительные проекты как с точки зрения архитектурных, так и организационно-технологических решений при наличии ряда преимуществ: экономичности, скорости монтажа, легковесности и надежности.

В целом использование ЛМК при возведении зданий и сооружений чаще встречается в виде ангаров, пунктов общественного пита-



Рис. 1. Проект многофункционального комплекса «Минутка»

ния, торговых объектов, промышленных зданий, рынков, спортивных и выставочных комплексов и т.п.

Применение ЛМК обусловлено их легкостью, уменьшением нагрузки на фундамент (в 3-4 раза), при этом срок службы при условии качественного монтажа и эксплуатации может достигать до 50 лет [3].

Чеченская Республика развивается стремительными темпами, и локомотивом развития является строительная отрасль. Прогрессирует доля возведения многофункциональных и высотных жилых комплексов, возводимых с применением самых передовых технологий возведения зданий [4].

Примером комплексной застройки может служить многофункциональный комплекс «Минутка», расположенный по адресу: г. Грозный, пр. А-Х. Кадырова, 158. Само здание состоит из двух разновысотных корпусов (10-13-16 этажей), объединенных величественной аркой из металлических конструкций с размещением ресторана в ней [5]. Начало строительства многофункционального комплекса было заложено 25 июля 2018 года, согласно проекту, комплексе располагается сразу на двух сторонах проспекта Кадырова, рис. 1.

Конструктивно многофункциональный комплекс состоит двух разновысотных корпусов, этажностью 10-13-16 этажей, соединенных металлической аркой, в теле которой предусматривается размещение ресторана с видом на город. Выбор в пользу применения ЛМК для возведения данной арки сделан исходя из технико-экономических соображений,

согласно которым железобетонные конструкции будут повышать нагрузку на основание всего комплекса, потребуются больше времени на их возведение, потребуются усиление торцов блоков для сопряжения арочных железобетонных конструкций, а также технологические перерывы на твердение части монолитных конструкций. В данном контексте применение ЛМК не только упрощает технологию монтажа, но повышает ее устойчивость и скорость возведения.

Возведение комплекса ведется современными строительными технологиями, но отдельного внимания заслуживает монтаж металлических конструкций пролета над проспектом Кадырова. Технология возведения данной арки из ЛМК выбрана исходя из стесненных условий работы монтажных механизмов, которые привязаны к данному объекту и условиям строительства (арка возводится над действующей автомобильной дорогой); в зависимости от объемов работ, которые нужно вести на отведенный период времени (для монтажа нижних узлов фермы, крепления закладных деталей), на который дорога временно перекрывается; средств механизации, возможности укрупнительной сборки центральных ферм и их временного закрепления при помощи распорок. Конструкции монтируются строго по утвержденному ППР и исходя из возможности максимальной укрупнительной сборки. Согласно проектной документации длина пролета в осях составляет 36,2 м, рис. 2.

Технология монтажа металлических конструкций состоит из следующих операций:

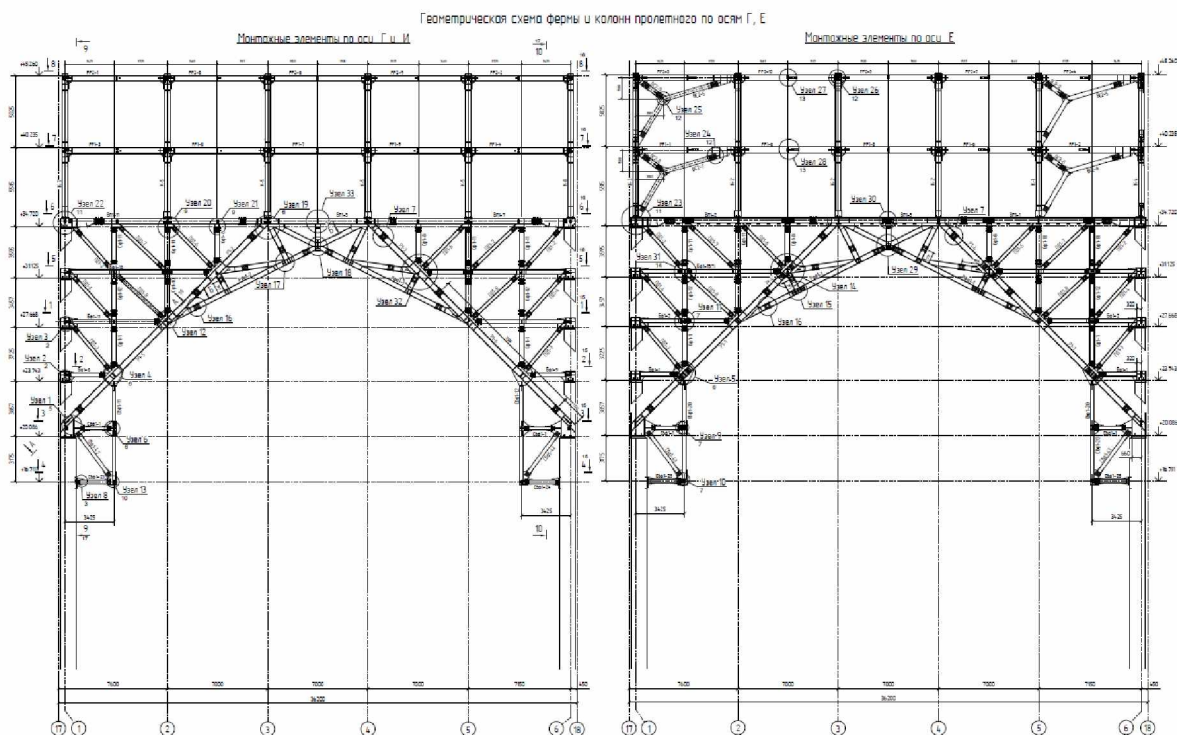


Рис. 2. Схема монтажа металлических конструкций в пролете 36,2 м

➤ на консоли блоков 1 и 2 устанавливаются закладные детали, рихтуются и выверяются. Выполняется подливка безусадочным раствором;

➤ поэлементно монтируются декоративные элементы арки в отм. +16,911...+23,943;

➤ монтируются нижние узлы фермы по осям Г, И, Е, монтируются распорки и связи между ними;

➤ производится укрупнительная сборка и монтаж центральной фермы (по оси Е). Ферму необходимо временно раскрепить с помощью стальных канатов;

➤ производится укрупнительная сборка и монтаж крайней фермы (по оси И). Ферма раскрепляется к ранее смонтированной ферме с помощью проектных распорок. Аналогично монтируется ферма по оси Г. Для этого кран переставляется на ст. 2;

➤ монтируются объемные блоки в осях 4-6/Е-И, 1-3/Е-И в отм. +31,25...+34,720;

➤ выполняется поэлементный монтаж распорок и связей элементов арки;

➤ после того как арка смонтирована выполняется монтаж колонн и элементов перекрытия в отм. +34,720... +45,260.

Стыки элементов выполнены фрикционными на высокопрочных болтах, которые регулируются по моменту закручивания. Поверхности сопрягаемых элементов под высокопрочные болты следует обрабатывать газопламенным способом, без грунтования, а все резьбы болтов и гаек смазать.

Для точности монтирования конструкций наводка отверстий в них должна быть произведена путем точного совмещения отверстий соединяемых элементов в следующем порядке:

- подвести застропованный элемент к другому и совместить одно отверстие с другим с помощью монтажного колика;

- повернуть конструктивный элемент вокруг колика до совмещения других отверстий;

- зафиксировать положение соединяемых элементов при помощи сборочных пробок.

Монтажные болты и болты без контролируемого натяжения должны быть приняты класса 8.8 по ГОСТ 779870, при этом установка постоянных болтов начинается после выверки конструкции: болты ставят в той же последовательности, что и при стяжке пакета.

Однако, как бы тщательно не были выведены монтажные операции, если нет предварительной подготовки используемых гаек, шайб и болтов, если они не очищены, не прочищены и смазаны, то качество сопряжений конструкций не будет соответствовать нормативным требованиям [6].

В рассматриваемой металлической конструкции предусмотрено устройство болтовых соединений на высокопрочных болтах с контролируемым натяжением и без контролируемого натяжения. Стыки элементов металлических конструкций приняты фрикционными на высокопрочных болтах, а несущие болты во фрикционных соединениях – высокопрочные болты М20, М24, М30 из стали 40Х климатического исполнения ХЛ класса 10.9 по ГОСТ 52643 2006 с контролируемым натяжением.

Наводка отверстий в соединениях должна быть произведена путем точного совмещения отверстий соединяемых элементов в следующем порядке:

- подвести застропованный элемент к другому и совместить одно отверстие с другим с помощью монтажного колика;
- повернуть конструктивный элемент вокруг колика до совмещения других отверстий;
- зафиксировать положение соединяемых элементов при помощи сборочных пробок.

Таким образом, обеспечивается точность сопряжения сборочных элементов. В целом натяжение высокопрочных болтов на расчетные усилия следует производить закручиванием за гайку или головку болта до требуемой расчетной величины крутящего момента M , определяемого по формуле:

$$M = K_3 P d, \quad (1)$$

где K_3 – среднее значение коэффициента закручивания для каждой партии болтов, принимаемое по результатам испытания;

P – расчетное усилие натяжения высокопрочного болта;

d – номинальный диаметр резьбы болта.

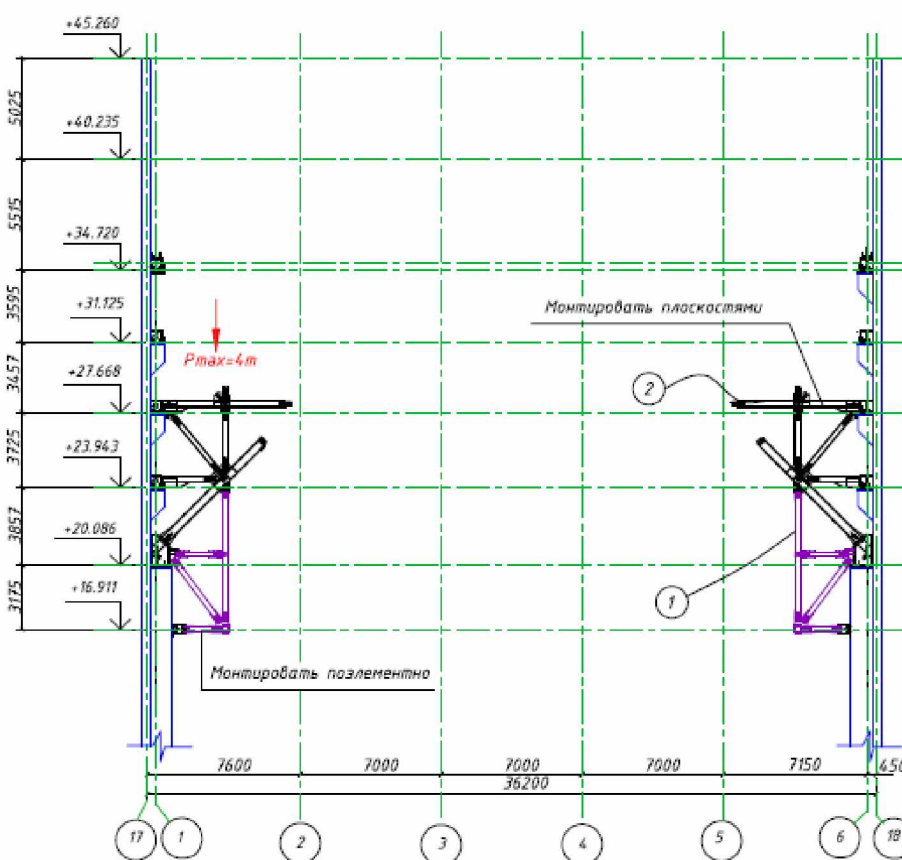


Рис. 3. Первый этаж монтажа металлических конструкций

При монтаже металлических конструкций важное значение имеет и подготовка поверхностей, в том числе и болтов, гаек и шайб, которые должны тщательно очищены, смазаны и закручены, зазоры в стыках между элементами, соединяемыми на высокопрочных болтах герметизирующей мастикой НГМ, регламентируются ГОСТ 14791%79.

После контроля натяжения и приёмки соединения представителем заказчика все наружные поверхности стыков, включая головки болтов, гайки и выступающие из них части резьбы болтов очищают, грунтуют, окрашивают, а щели в местах перепада толщин и зазоры в стыках шпатлюют. Огрунтовку и окраску стыков производят только после приемки соединений ответственным лицом [7], рис. 3.

Последующие операции по сварке швов нужно выполнять с разделкой кромок с полным проваром. При этом начало и конец швов следует выводить за пределы свариваемых деталей на выводные планки с последующим их удалением и зачисткой мест установки. Согласно рабочей документации качество всех сварных швов с полным проваром проверяют неразрушающими методами контроля. При сварке элементов при температуре окружающего воздуха от 0 до 10°C следует избегать быстрого остывания сварных швов, для чего необходимо по мере сварки швы прикрывать асбестовыми листами и ограждать от воздействия ветра [8].

Технология монтажа металлических конструкций предусматривает применение монтажного механизма для проведения строительно-монтажных работ. В данном случае применение монтажного крана необходимо по условиям – максимальный вес монтируемого элемента $R_{max} = 14$ т (это плоская ферма), требуемый рабо-

чий вылет стрелы крана $R_{max} = 20$ м при требуемой высоте подъема крюка $H_{max} = 41,78$ м. В соответствии с требуемыми грузоподъемными характеристиками при монтаже металлоконструкций принято использовать кран Liebherr LTM1200, рис. 4. В целях повышения скорости укрупнительной сборки дополнительно применяется кран КС 45717 «Ивановец» с грузоподъемностью 25 т.

Для Чеченской Республики, в частности для г. Грозного возведение подобных конструкций в пролете 36,2 м является своего рода уникальной строительной технологией, так как в республике еще не было случаев возведения ЛМК в таком конструктивном решении, и это наряду с необходимостью размещения в них

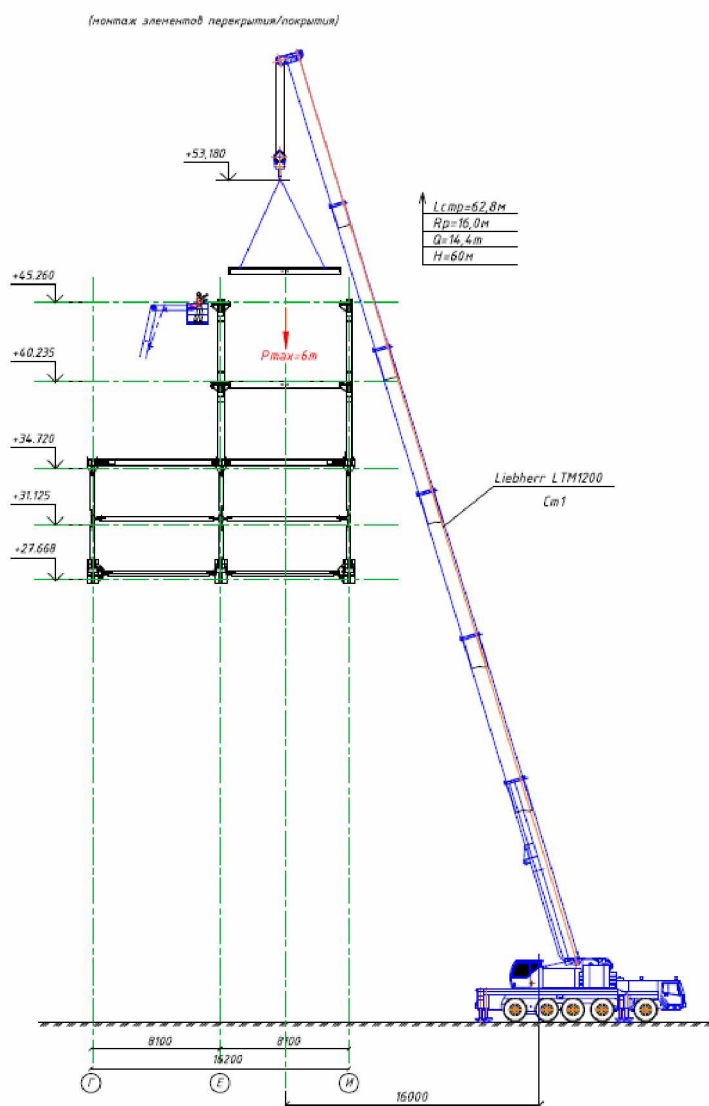


Рис. 4. Монтаж металлоконструкций

помещений общественного питания. Согласно предоставленному проекту, два этажа в пролете арки будут отведены под ресторан с панорамным видом на город.

Таким образом, монтаж легких металлических конструкций в пролете арки на многофункциональном объекте «Минутка» в г. Грозный представляет несомненный интерес с точки зрения технологии и организации монтажа конструкций, которая предусматривает

укрупнительную сборку и предварительный монтаж поясов ферм, выполняемых в стесненных городских условиях. В частности, выбор ЛМК для возведения арки обусловлен стремлением снизить массу конструкций арки, необходимостью учитывать геологические и сейсмические условия строительной площадки, стесненностью условий монтажа и сжатыми сроками ведения работ в осях арки ввиду ее расположения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические условия. Типовые решения. Металлические ограждающие конструкции промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1980.
2. Иценко И.И., Кутухтин Е.Г., Спиридонов В.М., Хромец Ю.Н. Легкие металлические конструкции производственных зданий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1979.
3. Сложеникина Н.А. Действительная работа легкого стенового ограждения при температурных воздействиях: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Брест, 1995.
4. Успанова А.С., Исмаилова З.Х., Эльмурзаев М.А. Современные технологии проведения отделочных и строительно-монтажных работ // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», (20-22 сентября 2020 г.). Грозный, 2020. С. 179-184.
5. Аласханов А.Х., Дребезгова М.Ю. Строительная индустрия и промышленность строительных материалов в Чеченской Республике // Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых (посвященной 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова). Белгород: БГТУ, 2013. [Электронный ресурс].
6. Ботка Е.Н. Рынок сухих строительных смесей России: от спада к стабилизации // Технологии и бизнес на рынке сухих строительных смесей. 2009. №10. С. 3-5.
7. Никитин А. Фасады: особенности зимних технологий // Стройпрофиль. 2013. №2 (105). С. 1-20.
8. Ивлиев А.А., Кальгин А.А., Скок О.М. Отделочные строительные работы. М.: Академия, 2000.
9. Электронный ресурс: <https://okibo.com>

FEATURES OF INSTALLATION OF METAL STRUCTURES ON THE MULTIFUNCTIONAL OBJECT “MINUTKA”

© A.S. Uspanova, M.I. Akhmatova, D.A. Mezhidov
GSTOU named after acad. M.D. Millionshchikov

This article examines the installation of light metal structures in the span of an arch at the Minutka multifunctional facility in Grozny. For the Chechen Republic, the construction of such structures in the span of residential high-rise buildings is a unique experience of such construction. And although the share of light metal structures being erected is not as high as the construction of buildings and structures from reinforced concrete structures, they are in demand structural elements. When erecting warehouses, hangars, industrial premises, workshops, metal lightweight structures have a clear advantage. The span between the residential buildings above the existing road is 36.2 m; an arch with a national ornament is placed in the span. Metal structures will be placed in the body of the arch, followed by the placement of a panoramic restaurant and related premises for serving the restaurant.

Keywords: installation of light metal structures, technology of installation of metal structures, erection of light metal structures.

REFERENCES

1. (1980) Specifications. Typical solutions. Metal enclosing structures of industrial buildings. Stroyizdat, Moscow.
2. Ishchenko, I.I., Kutukhtin, E.G., Spiridonov, V.M. and Khromets, Yu.N. (1979) Lightweight metal structures of industrial buildings. Designer handbook. Stroyizdat, Moscow.
3. Slozhenikina, N.A. (1995) The actual work of a light wall fence under temperature influences: Author's abstract. diss. ... Cand. tech. sciences. Brest.
4. Uspanova, A.S., Ismailova, Z.Kh., Elmurzaev, M.A. (2020) 'Modern technologies for finishing and construction and installation works'. *Materials of the III All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the FSBEI HE "GGNTU im. acad. M.D. Millionshchikova"*, (September 20-22, 2020), Grozny, pp. 179-184;
5. Alaskhanov, A.Kh. and Drebezgova, M.Yu. (2013) 'Construction industry and construction materials industry in the Chechen Republic'. *Materials of the international scientific and technical conference of young scientists (dedicated to the 160th anniversary of the birth of V.G. Shukhov)*. Belgorod: BSTU. [electronic resource].
6. Botka, E.N. (2009) 'The market of dry building mixtures in Russia: from recession to stabilization'. *Technologies and business in the market of dry building mixtures*. №10. Pp. 3-5.
7. Nikitin, A. (2013) 'Facades: features of winter technologies'. *Stroyprofil*. №2 (105). Pp. 1-20.
8. Ivliev, A.A., Kalgin, A.A. and Skok, O.M. (2000) Finishing construction work. Academy, Moscow.
9. Available at: <https://okibo.com> (Online)

ВЕСТНИК ГГНТУ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

2022. Том XVIII. № 1 (27)

Редактор – *Таймасханова З.Р.*
Корректор, дизайн и верстка – *Маслов Е.Н.*
Технический секретарь – *Алаудинова А.И.*

Выход в свет 25.04.2022
Формат 60x84/8. Печать офсетная
Усл. печ. л. 10,4. Тираж 350 экз. Заказ № 44

Свободная цена

Типография: ИПЦ ИП Цопанова А.Ю.
362002, г. Владикавказ, пер. Павловский, 3

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-79693 от 27 ноября 2020 г.

Журнал основан в 2001 г.