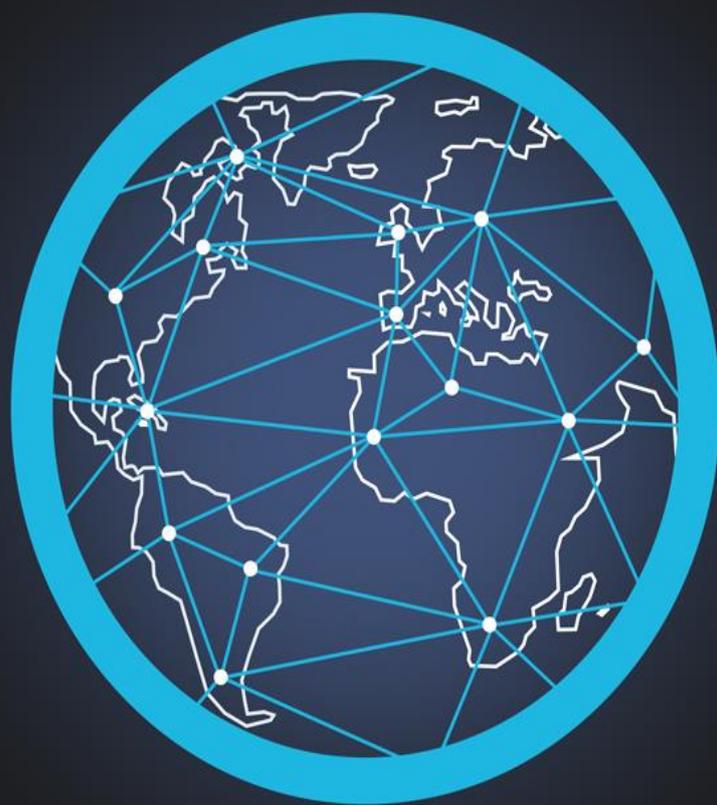


Международный журнал  
информационных технологий  
и энергоэффективности |



Том 7 Номер 3 (25)



2022



## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

---

---

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

---

1. **Мухин Е.А.** Аспекты применения автономных гибридных электростанций **4**

**Mukhin E.A.** Aspects of the use of autonomous hybrid power plants

---

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

2. **Янул А.Д.** Определение этапов предварительной обработки текста и выбор алгоритма кластеризации сообщений журнальных файлов сервера **8**

**Yanul A.D.** Defining the stages of preprocessing text and selecting an algorithm for clustering the messages of the server log files

---

3. **Кравец П.С.** Контекстуальные составляющие информационного потока в социальных сетях: уроки информационной эпидемии covid-19 **16**

**Kravec P. S.** Contextual components of the information flow in social networks: lessons from the covid-19 information epidemic

---

4. **Чернов Е.И.** Синтез новых видов сложной сцены по реальным фотографиям с помощью NERF **22**

**Chernov E.I.** Synthesis of new views of complex scenes from real photos using NERF

---

5. **Воробьева Г.Р.** Интерактивное веб-приложение для мониторинга геомагнитных параметров на основе ГИС-технологий **36**

**Vorobyeva G.R.** Interactive web application for monitoring geomagnetic parameters based on GIS technologies

---

6. **Доронин В. Ю., Матюшкин Д. Н.** Внедрение 4d моделирования в практику деятельности строительной организации **42**

**Doronin V. U., Matiushkin D. N.** Introduction of 4d modeling into practice activities of a construction organization

---

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

7. **Липкович И.Э., Егорова И.В., Лобачёва Е.А.** Организационные основы безопасности работ при монтаже кабельных линий напряжением до 10 кВ **46**

**Lipkovich I.E., Egorova I.V., Lobacheva E.A.** Organizational bases of work safety at installation of cable lines with voltage up to 10 kV

---

8. **Егорова И.В., Петренко Н.В., Чайка Д.С.** Организационные основы безопасности работ при монтаже электрических машин и аппаратов управления **62**

**Egorova I.V., Petrenko N.V., Chaika D.S.** Organizational bases of work safety during the installation of electric machines and control devices

---

9.	<b>Чанышев А. С., Аксенов С. Г., Пермяков А. В.</b> Пожарная безопасность малярного отделения авиационного производственного предприятия	<b>78</b>
	<b>Chanyshev A.S., Aksenov S. G., Permyakov A.V.</b> Fire safety of the painting department of the aviation production enterprise	
10.	<b>Мусин Р.Р., Аксенов С. Г.</b> Пожарная безопасность на газотранспортном предприятии	<b>85</b>
	<b>Musin R. R., Aksenov S. G.</b> Fire safety at a gaz transmission enterprise	
11.	<b>Зверев М.В., Власюк А.В., Худов П.Б., Колмаков В.О.</b> Автоблокировка нового поколения	<b>91</b>
	<b>Zverev M.V., Vlasyuk A.V., Khudov P.B., Kolmakov V.O.</b> Next generation auto lock	
12.	<b>Липкович И.Э., Егорова И.В., Петренко Н.В., Чайка Д.С.</b> Организационные основы безопасности работ при осмотре электроприводов и контроль за их работой при техническом обслуживании	<b>96</b>
	<b>Lipkovich I.E., Egorova I.V., Petrenko N.V., Chaika D.S.</b> Organizational bases of work safety during inspection of electric actuators and control of their work during maintenance	
13.	<b>Мардамшин И.Р., Аксенов С. Г.</b> Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов	<b>111</b>
	<b>Mardamshin I. R., Aksenov S. G.</b> Fire safety rules for the operation of oil product trunk pipelines	
14.	<b>Сорокина В. М.</b> Исследование причин отказов и повреждений насосных агрегатов. вибрационная диагностика агрегата с применением метода Welch	<b>116</b>
	<b>Sorokina V. M.</b> Research of the causes of failure and damage of pumping units. vibration diagnosis of the unit using the Welch method	



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.311

## АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Мухин Е.А.**

*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия (655010, Абакан, Республика Хакасия, ул. Комарова, 14) e-mail: Muhin1981@bk.ru*

В настоящее время различные отдаленные районы страны, нуждаются в электроснабжении. Часто случается, что протянуть к ним линию электропередачи, экономически нецелесообразно, или попросту невозможно, из-за сложного рельефа местности. Особенно это касается северных территорий нашей страны и проблем развития Арктического региона. В связи с вышесказанным, в настоящей статье, автором предпринята попытка научного анализа и критического осмысления различных аспектов применения автономных гибридных электростанций.

Ключевые слова: развитие экономики, развитие энергетики, автономные электростанции, гибридные электростанции.

## ASPECTS OF THE USE OF AUTONOMOUS HYBRID POWER PLANTS

**Mukhin E.A.**

*Khakass Technical Institute - branch of the Siberian Federal University, Russia (655010, Abakan, Republic of Khakassia, st. Komarova, 14), e-mail: Muhin1981@bk.ru*

Currently, various remote areas of the country are in need of electricity. It often happens that it is not economically feasible, or simply impossible, to stretch a power line to them, due to the difficult terrain. This is especially true of the northern territories of our country and the problems of development of the Arctic region. In connection with the foregoing, in this article, the author made an attempt to scientific analysis and critical understanding of various aspects of the use of autonomous hybrid power plants.

Keywords: economic development, energy development, autonomous power plants, hybrid power plants.

Обеспокоенный увеличением количества парниковых газов в атмосфере из-за использования ископаемого топлива, весь мир сосредоточился на производстве электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии. Наиболее выгодным аспектом распределенных возобновляемых источников является обеспечение электроэнергией отдаленных, разбросанных и бедных сельских районов путем развития гибридной энергосистемы в меньшем масштабе, где передача электроэнергии через расширение сети нецелесообразна из-за некоторых экономических, технических или экологических факторов, ограничивающих строительство новых линий электропередач.

Точная и адекватная стратегия управления становится неизбежной для поддержания бесперебойной работы путем сдерживания отклонения частоты и напряжения в пределах его

пределов, обеспечивающих высочайшую степень надежности гибридной энергосистемы для обеспечения надлежащего качества электроэнергии. [5, с. 177]

Гибридные энергосистемы могут использоваться в режиме подключения к сети, в режиме изоляции от сети и для определенных целей. Эти энергетические технологии также очень помогают смягчить проблемы, связанные с традиционными источниками энергии, поскольку эти источники практически не загрязняют окружающую среду. Тем не менее, климатическая зависимость этих технологий ограничивает их самостоятельное использование в качестве источника непрерывного электричества. Это связано с тем, что отклонения частоты могут увеличиваться из-за колебаний производства и изменений спроса.

Поэтому, чтобы избежать проблем, которые могут повлиять на безопасность и стабильность энергосистемы, прерывистая мощность возобновляемых источников энергии (ВИЭ) используется как определенный процент от нагрузки системы по сравнению с объединенной энергосистемой. Иногда эти технологии объединяют, чтобы выдвинуть гибридную энергосистему (ГЭС) для электроснабжения территорий, не подключенных к обычной сети. Изолированная гибридная энергосистема представляет собой комбинацию систем накопления энергии с интегрированными переменными ВИЭ.

Такая система мало зависит от традиционных блоков и может использоваться в качестве практичной резервной системы для предоставления вспомогательных системных услуг с учетом технико-экономических ограничений и требований надежности. [2, с. 23]

Изолированная ГЭС обычно устанавливается рядом с нагрузкой, что снижает затраты, вложенные в систему передачи и распределения, и в то же время повышает степень удобства использования доступного возобновляемого источника энергии.

Несколько изолированных ГЭС объединены в взаимосвязанную ГЭС, которая призвана облегчить синергетическое развитие, повысить надежность, стать устойчивой к помехам и обеспечить прямой доступ к потребителям. Концепция оптимизации, которая ведет к повышению операционной эффективности и прибыльности многозональных взаимосвязанных ГЭС, постепенно превратилась в горячую точку исследований. [1, с. 907]

ГЭС быстро распространяется по всему миру, чтобы в лучшем случае использовать бесплатную и обильную возобновляемую энергию, что крайне важно. Тем не менее, эти источники зависят от климата, из-за чего возникают некоторые проблемы, такие как колебания выработки электроэнергии, отклонения напряжения и колебания частоты. Отклонение частоты и напряжения за пределы допустимого диапазона ставит под угрозу работу системы в виде выхода из строя измерительных приборов, нарушения изоляции приборов, внепланового срабатывания реле и, как следствие, отключения нагрузки и отключения генерации.

Взаимосвязь ГЭС с несколькими источниками повышает надежность электроснабжения, дополняя друг друга в определенной степени, что привлекает внимание исследователей во всем мире. С другой стороны, эти преимущества подтверждаются некоторыми критическими проблемами, такими как нестабильность системы из-за таких неопределенностей, как скорость ветра и солнечное излучение, которые полностью зависят от климата. Это естественное изменение источников и постоянно меняющаяся нагрузка создают разрыв между генерацией и потреблением, что приводит к несоответствию активной и реактивной мощности. [4, с. 23]

Критическими факторами, влияющими на реверсивный поток активной мощности и ограничение энергии ветра в случае активных распределительных сетей, являются несоответствие активной мощности, приводящее к колебаниям ротора, что может привести к отключению генерации, нежелательным срабатываниям защитных устройств, а также худшее, полный коллапс системы в традиционной системе, всегда интересовало исследователей.

Кроме того, несоответствие реактивной мощности приводит к отклонениям напряжения, что может привести к нарушению изоляции и падению напряжения. Поэтому крайне важно удерживать отклонения в разумных пределах для надежности возводимой энергосистемы. Качество электроэнергии также необходимо поддерживать, не нарушая механических, электрических, экологических и экономических ограничений. Далее выводится нелинейная модель для анализа приложений управления напряжением и реактивной мощностью с учетом переходных и установившихся режимов энергосистем. [3, с. 92]

Такие исследования проводятся совместно с двунаправленным или обратным активно-реактивным оптимальным перетоком мощности с использованием анализа чувствительности в активных распределительных сетях, включающих в себя подсистемы, такие как блоки ДГ и БСС в взаимосвязанных ГЭС.

Любая обычная электростанция, инерция системы которой значительна, может управляться и стабилизироваться путем раздельного контроля отклонений частоты и напряжения, поскольку изменение частоты почти не влияет на напряжение системы, а изменение напряжения почти не влияет на частоту системы; но малые и средние электростанции, работающие на возобновляемых источниках энергии, ведут себя иначе. Здесь и частота, и напряжение изменяются из-за изменений в любом из них. Поэтому одновременный контроль напряжения и частоты становится элементарным требованием для получения качественной электроэнергии без перебоев в подаче электроэнергии. [6, с. 44]

Для решения проблемы запланированных отключений сети (GSB) комплексная модель домашней системы фотоэлектрических батарей с использованием стратегий управления на основе прогнозирования экономической модели предпочтительнее, чем сложные задачи нелинейного программирования смешанного целочисленного типа.

Тщательный анализ литературы позволил получить большой объем информации по сооружению изолированных ГЭС, состоящих из ВИЭ. Можно понять, что ВИЭ являются важным решением для преодоления энергетического кризиса при минимальном уровне загрязнения. Можно рассмотреть и реализовать ВИЭ, не проработанные до конца для разработки ГЭС. Можно четко понять, что характеристики ВИЭ влияют на стабильность системы в виде колебаний напряжения и частоты, которые требуют экономических и надежных стратегий управления. Можно ожидать, что в будущем ГЭС будут иметь большую степень надежности и управляемости со всех практических и технических аспектов.

## Список литературы

1. Ани А. А. Исследование гибридных солнечно- топливных электростанций / А. А. Ани // Общество с ограниченной ответственностью "Центр полиграфических услуг " РАДУГА", 2020. – С. 902-909.

2. Мингалеева Г. Р. Перспективы применения гибридных электростанций малой мощности / Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23 декабря 2021 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. – С. 21-23.
3. Новых А. В. Повышение эффективности гибридной электростанции с помощью виртуальной электростанции / А. В. Новых, И. И. Свириденко, Г. В. Гоголев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2019. – Т. 19. – № 2. – С. 87-96.
4. Обухов С. Г. Анализ режимов работы накопителей энергии в автономных гибридных электростанциях с возобновляемыми источниками энергии / С. Г. Обухов, И. А. Плотников, В. Г. Масолов // International Scientific Journal Life and Ecology. – 2018. – № 1-2(9-10). – С. 22-24.
5. Разработка и исследование гибридного автономного источника электроэнергии на базе фотоэлектрической солнечной электростанции и дизеля / Г. Г. Константинов, В. В. Криворотова, Н. П. Слюнкин, Д. С. Федосов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 12(143). – С. 169-184.
6. Соболев, А. Н. О проблемах эксплуатации автономных асинхронных генераторов гибридных ветро-солнечных электростанций / А. Н. Соболев, А. А. Андреева // Colloquium-Journal. – 2021. – № 2-1(89). – С. 43-45.

## References

1. Ani A. A. Research of hybrid solar-fuel power plants / A. A. Ani // Limited Liability Company "Printing Services Center "RADUGA", 2020. - pp. 902-909.
  2. Mingaleeva G. R. Prospects for the use of low-power hybrid power plants / All-Russian Scientific and Practical Conference, Penza, December 23, 2021. - Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.), 2021. - pp. 21-23.
  3. Novykh, A. V. Improving the efficiency of a hybrid power plant using a virtual power plant / A. V. Novykh I. I. Sviridenko, G. V. Gogolev // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. - 2019. - T. 19. - No. 2. - pp. 87-96.
  4. Obukhov S. G., Plotnikov I. A., Masolov V. G. Analysis of operating modes of energy storage devices in autonomous hybrid power plants with renewable energy sources // International Scientific Journal Life and Ecology. - 2018. - No. 1-2 (9-10). - pp. 22-24.
  5. Konstantinov G. G., Krivorotova V. V., Slyunkin N. P., Fedosov D. S. Development and study of a hybrid autonomous source of electricity based on a photovoltaic solar power plant and a diesel engine // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. - 2018. - T. 22. - No. 12 (143). – pp. 169-184.
  6. Sobol A. N. On the problems of operation of autonomous asynchronous generators of hybrid wind-solar power plants / A. N. Sobol, A. A. Andreeva // Colloquium-Journal. - 2021. - No. 2-1 (89). - pp. 43-45.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.9

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭТАПОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТА И ВЫБОР АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ СООБЩЕНИЙ ЖУРНАЛЬНЫХ ФАЙЛОВ СЕРВЕРА

**Янул А.Д.**

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, Россия (193232, г. Санкт-Петербург, ул. пр. Большевиков, 22, к. 1), e-mail: adyanul@mail.ru*

В статье приводится обоснование разработки собственного российского ПО, представлено приложение для кластеризации сообщений журнальных файлов сервера и описан эксперимент по определению этапов предварительной обработки текста для процесса кластеризации. Также приводится обоснование основного инструментария для выполнения данной задачи (библиотеки scikit-learn (Python)) и выбор алгоритмов кластеризации (DBSCAN и BIRCH). По ходу статьи на графиках приведены зависимости качества кластеризации (в виде коэффициента Силуэта) и времени выполнения процесса от выбранных этапов предварительной обработки. В заключении дается анализ полученных в ходе эксперимента зависимостей.

Ключевые слова: scikit-learn, кластеризация текста, анализ журнальных файлов, DBSCAN, BIRCH.

## DEFINING THE STAGES OF PREPROCESSING TEXT AND SELECTING AN ALGORITHM FOR CLUSTERING THE MESSAGES OF THE SERVER LOG FILES

**Yanul A.D.**

*The Bonch-Bruевич Saint Petersburg State University of Telecommunications, Russia (2193232, St. Petersburg, Bolshevnikov Ave., 22, building 1), e-mail: adyanul@mail.ru*

The paper provides a rationale for the development of proprietary Russian software, presents an application for clustering messages of server log files, and describes an experiment to determine the stages of pre-processing text for the clustering process. The rationale for the main toolkit for this task (scikit-learn (Python) library) and the choice of clustering algorithms (DBSCAN and BIRCH) are also given. In the course of the paper, the graphs show the dependencies of clustering quality (in the form of the Silhouette coefficient) and process execution time on the selected preprocessing steps. In the conclusion, the analysis of the dependencies obtained during the experiment is given.

Keywords: scikit-learn, text clustering, log file analysis, DBSCAN, BIRCH.

Ограничение для России доступа к иностранным информационным продуктам и технологиям, наблюдаемое в настоящее время, служит дополнительным фактором, обуславливающим необходимость разработки собственного программного обеспечения (ПО) [1].

Проблемы в области информационных технологий (ИТ) в России наблюдались и ранее, что подтверждают некоторые нормативные документы [2,3]. Это такие проблемы, как сильная зависимость от ПО из-за рубежа, недостаточный уровень исследований, низкий уровень кадрового обеспечения и др. Данная работа призвана внести некоторый вклад в решение подобных проблем.

Данная работа посвящена системам диагностирования с одной стороны, и интеллектуальным системам – с другой. Актуальность разработок в любой из этих областей знаний также подтверждается рядом нормативных документов [2,4].

Целью данной работы является выбор алгоритмов и определение необходимых стадий технологического процесса кластеризации журнальных файлов серверов, обеспечивающего выполнение поставленных требований и разработка приложения на основе этого технологического процесса.

Приложение должно выполнять кластеризацию журнальных файлов с коэффициентом Силуэта не ниже 0,8 и временем кластеризации журнального файла размером 25 тыс. строк на бытовом компьютере MS Windows 10 Professional; Intel(R) Core(TM) i5-4200U CPU @ 1.60GHz 2.30 GHz; 12 ГБ ОЗУ; SSD не более 30 с.

При этом кластеризация должна выполняться без предварительного указания числа кластеров, и требуемое ПО и библиотеки должны устанавливаться только на удаленное рабочее место администратора; на целевой сервер никакого ПО, кроме необходимого для обеспечения удаленного доступа, устанавливаться не должно.

Кластеризация в общем смысле представляет собой процесс разделения исходных образцов на группы таким образом, чтобы различие между образцами внутри одной группы было минимальным, а различие между образцами из разных групп – максимальным [5,6].

Процесс кластеризации (в отличие от другого процесса – классификации) является неконтролируемым, то есть происходит «без учителя». Размеченные наборы данных требуются только для проведения оценки качества кластеризации некоторыми методиками, если такая оценка требуется.

В настоящее время разработано довольно много алгоритмов кластеризации [6]. Но согласно заданию, в данном случае подходят только алгоритмы, не требующие предварительного указания числа кластеров, поэтому для проведения исследования выбраны только DBSCAN и BIRCH [6].

Кроме этого, для целей валидации дополнительно задействован алгоритм k-средних [6].

В качестве основных инструментов для эксперимента и приложения рассматривались язык R, node.js и Python. В силу того, что согласно рейтингам TIOBE Index [7] и IEEE Spectrum [8], Python является самым популярным в мире в 2022 г. языком программирования, в качестве основного инструмента выбран именно он.

В качестве реализации алгоритмов кластеризации и оценки применены библиотека scikit-learn и ряд дополнительных вспомогательных библиотек.

Процесс кластеризации может состоять из нескольких стадий (далее *стадии процесса кластеризации*):

- Чтение лог-файла с диска и разбиение на отдельные сообщения;
- Предварительная обработка текста;
- Отображение текста в векторное пространство;

- Непосредственно кластеризация;
- Преобразование результатов в форму, пригодную для визуализации.

Из этих стадий для оптимизации наиболее интересна стадия предварительной обработки текста, которая тоже в свою состоит из нескольких этапов (далее *этапы предварительной обработки текста*):

- Чистка пробелов;
- Приведение к нижнему регистру;
- Чистка пунктуации;
- Удаление стоп-слов (слов, не несущих смысловой нагрузки);
- Удаление цифр;
- Разбиение текста на отдельные слова;
- Выделение основ слов (стемминг);
- Приведение слов к нормальной форме (лемматизация);
- Отбор/извлечение признаков;
- Исключение редких слов.

Задачей исследования как раз и является оценить влияние наличия или отсутствия каких-либо из этапов предварительной обработки текста на время и качество кластеризации.

Для оценки качества кластеризации применен коэффициент Силуэта в реализации библиотеки `scikit-learn`. Для оценки времени выполнения написан собственный класс-профилировщик.

За время *tnp* принималось суммарное время всех *стадий процесса кластеризации*, перечисленных выше, за исключением операций оценки, исключенной из производственного приложения.

В ходе эксперимента оценивались журнальные файлы различной структуры и размера. На Рисунках 1 и 2 приведены зависимости коэффициента Силуэта *sil* и времени выполнения кластеризации *tnp* для двух таких файлов, размером 1500 и 25 тыс. строк.

Исключение редких слов выполнялось согласно стратегии, при которой слово считалось редким и исключалось, если встречалось менее чем в трех сообщениях.

Данные зависимости для остальных исследованных журнальных файлов в рамках данной статьи не приводятся, так как сохраняют общие закономерности.

Полученная зависимость показывает, что наиболее эффективным *этапом предварительной обработки текста* является очистка от цифр. Отметим, что данное утверждение справедливо только для журнальных файлов; для других видов текстовых документов очистка от цифр может иметь и негативный для качества кластеризации эффект.

С исходными кодами приложения, используемого для эксперимента, можно ознакомиться по ссылке <https://github.com/alborodin85/clustering-logs>.

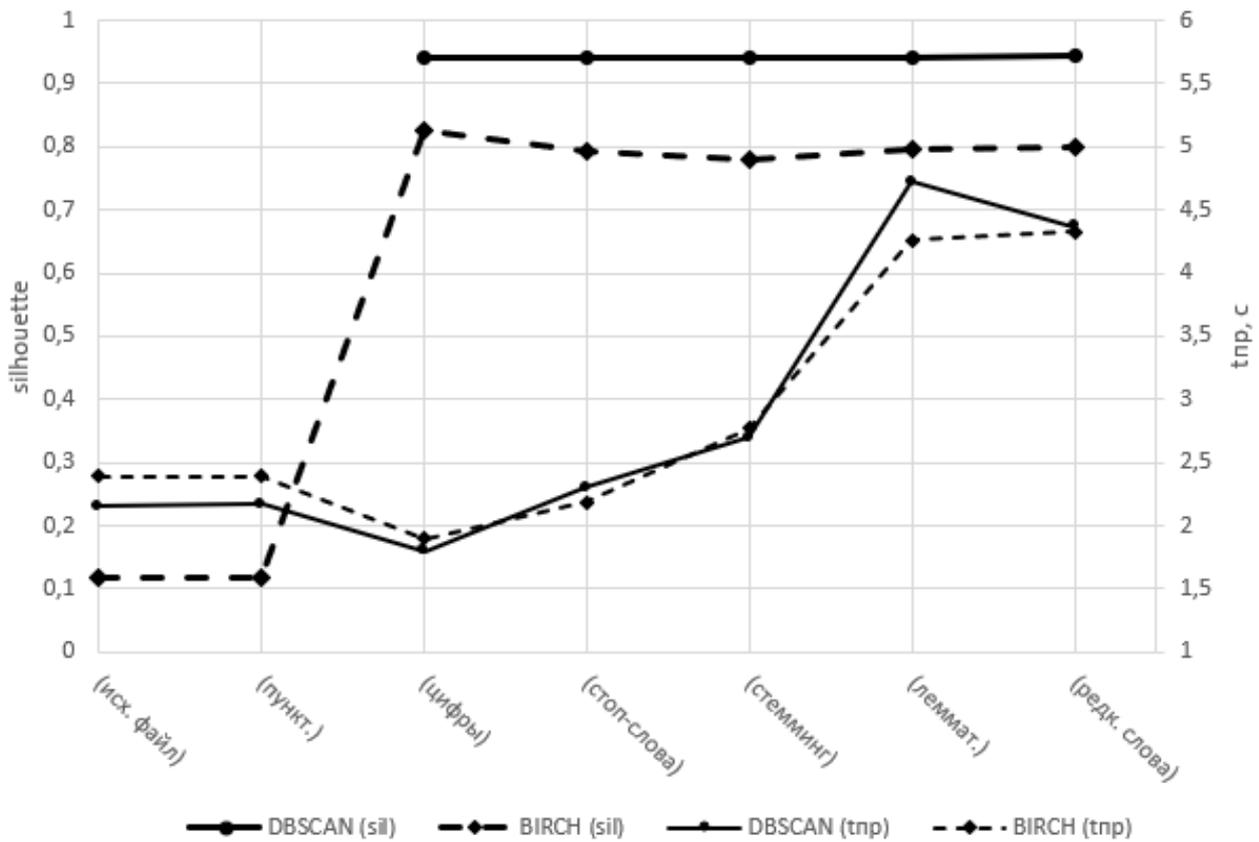


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента Силуэта (sil) и времени выполнения процесса кластеризации (tпр) от набора этапов предварительной подготовки текста для журнального файла размером 1500 строк.

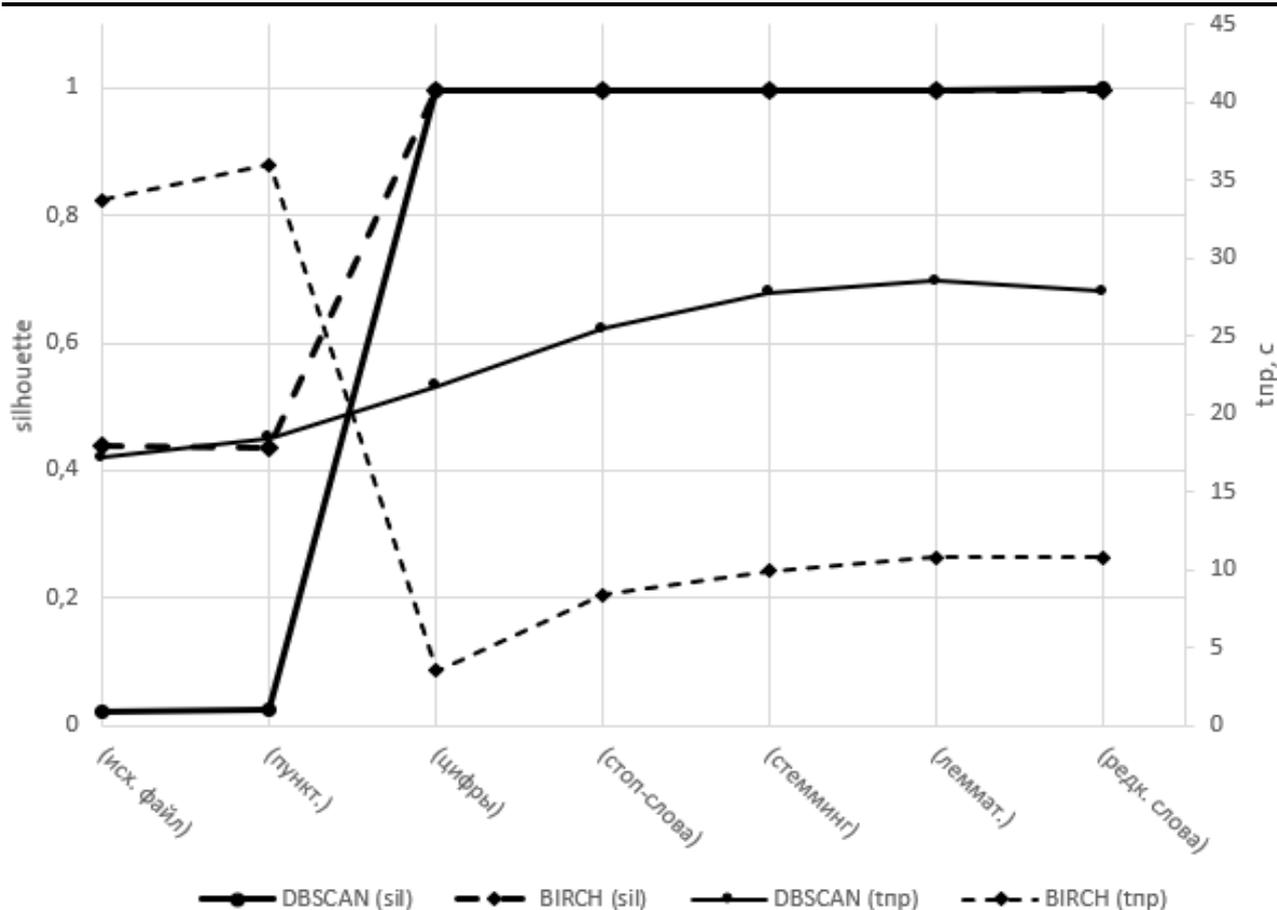


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента Силуэта (sil) и времени выполнения процесса кластеризации (tпр) от набора этапов предварительной подготовки текста для журнального файла размером 25 тыс строк.

В результате были выбраны следующие этапы предварительной обработки текста:

- Чистка пробелов (strip);
- Разбиение текста на отдельные слова;
- Приведение к нижнему регистру (lower);
- Удаление цифр (clearDigits).

На основании результатов эксперимента разработано приложение для производственного использования.

Приложение предназначено для работы в ОС Windows10 и интегрируется в известное средство WinSCP для удаленного доступа как пользовательский текстовый редактор.

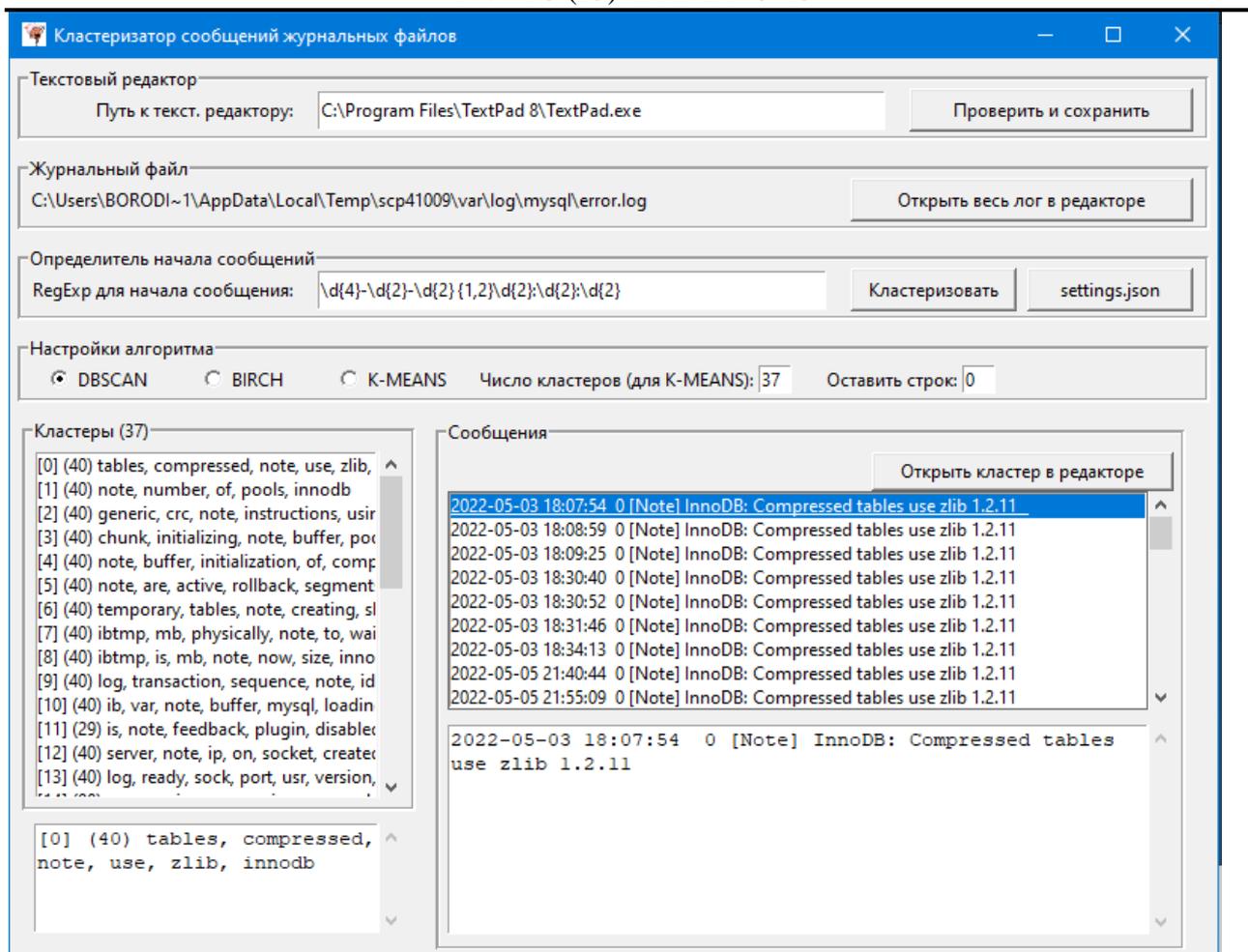


Рисунок 3 – Внешний вид главного окна приложения

Само приложение с подробными описанием и инструкцией размещены в сети Интернет <https://github.com/alborodin85/text-clasterisator-winscp-integration>, а внешний вид главного окна приложения приведен на рисунке 3.

Таким образом, в ходе работы отечественным производителем разработано с применением интеллектуальных технологий приложение, предназначенное для более эффективного мониторинга и диагностирования.

Актуальность работы подтверждена рядом Российских нормативных документов, ссылки на которые представлены в начале статьи.

Приложение соответствует заданным требованиям, в число которых входят производительность, качество кластеризации, простота использования и отсутствие каких-либо компонент, устанавливаемых на сервер.

Архитектура приложения построена на основе результатов исследования, целью которого являлось определение этапов предварительной обработки текста, обеспечивающей выполнение заданных требований последующей кластеризации.

Также в ходе исследования определена специфика кластеризации сообщений журнальных файлов:

- Самым эффективным этапом предварительной подготовки текстов в этом случае является очистка от цифр;

- Для небольших журнальных файлов (порядка 1500 строк) кластеризация алгоритмами DBSCAN и BIRCH выполняются примерно одинаковое время, но качество кластеризации алгоритмом DBSCAN несколько выше;
- Для журнальных файлов большого размера (порядка 25 тыс. строк) качество кластеризации алгоритмов DBSCAN и BIRCH примерно одинаковое, но скорость алгоритма BIRCH до 5 раз выше.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 02.03.2022 г. № 83 [Электронный ресурс]. 2 с. URL:<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&nd=602894815&rdk=&firstDoc=1&lastDoc=1&page=all> (дата обращения 24.02.2022).
2. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации: утв. Указом Президента Российской Федерации №646 05.12.2016 [Электронный ресурс] : введ. в действие с 05.12.2016. 16 с. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102417017&page=all> (дата обращения 24.02.2022).
3. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы: утв. Указом Президента Российской Федерации №203 09.05.2017 [Электронный ресурс]: введ. в действие с 09.05.2017. 28 с. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102431687&page=all> (дата обращения 24.02.2022).
4. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года: утв. Указом Президента Российской Федерации №490 10.10.2019 [Электронный ресурс] : введ. в действие с 10.10.2019. 25 с. URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/АН4х6HgKWANwVtMOfPDhcbRpvd1HCCsv.pdf> (дата обращения 24.02.2022).
5. Габдрахманова Н. Т. Кластеризация документов с помощью нейронных сетей // Речевые технологии. 2019. N 1. С. 45–53.
6. Кошкин Д. Е., Багдасарова Н. В. Анализ и сравнение алгоритмов кластеризации данных применительно к кластеризации текстового контента // Информатизация образования и науки. 2018. N 4(40). С. 116–128.
7. TIOBE Index for September 2022 [Электронный ресурс] // TIOBE Software BV. 2022. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения 11.09.2022).
8. Top Programming Languages 2022 [Электронный ресурс] // IEEE Spectrum. 2022. URL: <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2022/ieee-spectrum-top-programming-languages-2022> (дата обращения 11.09.2022).

### References

1. Decree of the President of the Russian Federation of 02.03.2022 № 83 [Electronic resource]. 2 с. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&nd=602894815&rdk=&firstDoc=1&lastDoc=1&page=all> (accessed 24.02.2022).
2. Doctrine of information security of the Russian Federation: approved by the Decree of the President of the Russian Federation №646 on 05.12.2016 [Electronic resource] : enacted from

- 05.12.2016. 16 с. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102417017&page=all> (accessed 24.02.2022).
3. Strategy for the development of information society in the Russian Federation for 2017 - 2030 years: approved by the Decree of the President of the Russian Federation №203 on 09.05.2017 [Electronic resource] : effective from 09.05.2017. 28 p. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?savertf=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102431687&page=all> (accessed 24.02.2022).
4. National strategy for the development of artificial intelligence for the period up to 2030: approved by the Decree of the President of the Russian Federation №490 10.10.2019 [Electronic resource] : put into effect from 10.10.2019. 25 p. URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/AH4x6HgKWANwVtMOFPDhcbRpvd1HCCsv.pdf> (date of reference 24.02.2022).
5. Gabdrakhmanova N. T. Document clustering using neural networks // Speech Technology. 2019. N 1. pp. 45-53.
6. Koshkin D. E., Bagdasarova N. V. Analysis and comparison of data clustering algorithms as applied to clustering of textual content // Informatization of education and science. 2018. N 4(40). pp. 116-128.
7. TIOBE Index for September 2022 [Electronic resource] // TIOBE Software BV. 2022. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (accessed 11.09.2022).
8. Top Programming Languages 2022 [Electronic resource] // IEEE Spectrum. 2022. URL: <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2022/ieee-spectrums-top-programming-languages-2022> (accessed 11.09.2022).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004

## КОНТЕКСТУАЛЬНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ: УРОКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭПИДЕМИИ COVID-19

**Кравец П.С.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия (105005, Москва, ул. 2-я Бауманская ул., д.5, стр.1), e-mail: polina30@mail.ru*

В статье описываются три типа информационного контекста социальных сетей — слабый эпистемологический, сильный нормативный, и сильный эмоциональный, — и показано, как они связаны с инфодемией COVID-19, в чем они проявляются, и какие меры можно предпринять для предотвращения их использования для манипуляционного воздействия.

Ключевые слова: контекст, дезинформация, COVID-19, инфодемия, заблуждения, манипуляционное воздействие.

## CONTEXTUAL COMPONENTS OF THE INFORMATION FLOW IN SOCIAL NETWORKS: LESSONS FROM THE COVID-19 INFORMATION EPIDEMIC

**Kravec P. S.**

*Bauman Moscow State Technical University, Russia (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, building 1), e-mail: kravec.polina30@mail.ru*

The article describes three types of information context of social networks — weak epistemological, strong normative, and strong emotional — and shows how they are related to the COVID-19 infodemia, in what they manifest themselves, and what measures can be taken to prevent their use for manipulative influence.

Keywords: context, disinformation, COVID-19, infodemia, misconceptions, manipulative influence.

С самого начала пандемия отразилась на сфере социальных сетей потоком избыточной информации (так называемой инфодемии), из которой значительный процент составляли заблуждения (misinformation) и дезинформация (disinformation) - MDI. В свою очередь, инфодемия понимается как «переизбыток информации — как точной, так и нет — из-за которой людям трудно найти надежные источники и надежные рекомендации, когда они в этом нуждаются».

Уже в феврале 2020 года Всемирная организация здравоохранения выделила инфодемию как трансформацию информационного поля под давлением пандемии COVID-19. Одним из ее наиболее острых аспектов является то, что она не просто создает информационную перегрузку, приводящую к информационной усталости онлайн-пользователей, а способствует интеллектуальной трансформации человека.

Так, анализ информации о пандемии COVID-19, размещенная в социальных сетях, выявил две различные проблемы: быстрое распространение заблуждений и дезинформации (MDI), и так называемая инфодемия. Обе проблемы касались того, как информация распространяется в среде социальных сетей, но только для одной из них ведется поиск и имплементация разной эффективности решений. Платформы социальных сетей быстро усилили свои ранее существовавшие меры по борьбе с MDI, связанную с COVID-19, хотя инфодемия осталась нетронутой [2]. Инфодемия рассматривалась как побочный эффект активизации взаимодействия пользователей в социальных сетях - некий информационный шум, сопровождавший гудение онлайн-коммуникаций. Но что, если оба информационных явления связаны и являются симптомами более глубокой проблемы, заложенной в социальных сетях: контекстуального дизайна воздействия информации на пользователя?

Проблема MDI, обострившаяся с началом COVID-19, была решена большинством основных платформ социальных сетей благодаря тому, что уже существовали некоторые методы борьбы с дезинформацией. Начиная с выборов 2016 года и скандала с Cambridge Analytica, платформы социальных сетей начали обращать внимание на то, чем делятся их пользователи. В последние годы они тестировали методы кураторства контента с помощью внешних организаций по проверке фактов, помечая дезинформирующий контент, а иногда и удаляя его [2]. Благодаря пандемии COVID-19 эти процессы были значительно ускорены: так, «число проверок информации на английском языке выросло более чем на 900% с января по март» [3].

Большинство подходов, используемых в социальных сетях для борьбы с дезинформацией, нацелены на фактическое или описательное содержание информации путем ее сопоставления с существующими доказательствами. Однако контекст дезинформации так же важен, как и его содержание [4]. Контекст, в данном случае, понимается как логически не всегда осознаваемая, воспринимаемая на эмоциональном уровне, составляющая информационного сообщения, способная воздействовать на психологическое состояние потребителя информации.

Контекстный MDI может появиться при размещении подлинной информации в «сфабрикованной» обстановке, например, в частном заявлении, цитируемом так, как если бы оно было публичным, личное мнение, отражающее взгляды организации, смешивание фактов с неуместными комментариями, или изменение даты или места, где была сделана фотография. Значительная часть MDI, связанных с COVID-19, опубликованных в социальных сетях, была как раз контекстуальной [2].

Независимо от того, воздействию из скольких альтернативных источников информации подвергается человек, у него остается окончательный выбор - взаимодействовать с ними или нет. Контекстно-ориентированный подход как раз и предполагает, что пользователь имеет свободу в применении платформ социальных сетей таким образом, чтобы стимулировать и признавать другие виды восприятия информации, независимо от того, является ли имеющаяся информация подлинной или нет. Такой подход создает информационную среду, обеспечивающую возможность пользователей по-разному оперировать одной и той же информацией, и интерпретировать ее. В контекстуально-информационном подходе особое внимание можно уделить трем конкретным аспектам информационного контекста в социальных сетях.

И первый из них – это *сильный эмоциональный контекст* [5].

До пандемии уже было показано, что MDI распространяется на платформах социальных сетей, «играя» на эмоциональных реакциях онлайн-аудитории [6], стремясь намеренно вызвать сильные эмоции у своих читателей. Пользователям платформ социальных сетей доступна палитра действий и реакций: некоторые кажутся нейтральными (комментирование, обмен и публикация), в то время как другие имеют четкую эмоциональную валентность: использование различных смайликов для одобрения или высказывания неприязни к сообщению. Эти эмоционально насыщенные реакции ярче проявляются, чем нейтральные: требуется всего лишь доля секунды, чтобы нажать «нравится» на пост, в то же время как прокомментировать его или даже поделиться им потребует чуть больше времени. Так, в связи с пандемией Covid-19 Facebook даже добавил новый смайлик, выражающий реакцию солидарности.

Основные платформы социальных сетей ориентированы на максимальное вовлечение пользователей. Это выражается в попытках увеличения времени, которое пользователи проводят на определенной платформе, и активизации интенсивности взаимодействия, что способствует развитию у пользователя «булимии внимания», то есть поведения, ориентированного на «максимальное количество лайков» [7] и других реакций. Тем самым, подавляющий эффект этих эмоциональных реакций заключается в том, чтобы заставить других пользователей чувствовать себя любимыми в своей социальной сети, следовательно, сделать платформу местом, куда хочется возвращаться для эмоционального удовлетворения.

Для многих пользователей, прикованных пандемией к своим домам, платформы социальных сетей стали окном в мир, как в старые времена телевизор, и самым простым способом общения с другими людьми. В такие трудные времена неопределенности и страха пользователи публиковали сообщения чаще, чем обычно, но часть размещенной информации предназначалась не для информирования других, а скорее для выражения своих опасений и эмоций, связанных с пандемией. Публикация сообщений о пандемии стала инструментом оценки эмоций людей, связанных с кризисной ситуацией, и получения некоторого ощущения консенсуса в своей социальной сети.

Во время пандемии ряд эпистемологов и философов науки активизировались и попытались рассказать широкой общественности о том, какие источники признать достоверными, и как отличать факты от вымысла о пандемии — в подкастах, статьях и в своих аккаунтах в социальных сетях. Хотя эти усилия и заслуживают внимания, их необходимо дополнить другим подходом, принимая во внимание более широкий эпистемологический контекст, в котором информация распространяется в социальных сетях. Это *особенно непроявленный эпистемологический контекст*, в котором информация не всегда передается для информирования. Платформы социальных сетей - это не те места, куда обычно ходят за надежными сведениями. По крайней мере, в обычных повседневных ситуациях пользователи обращаются к социальным сетям в поиске общения и развлечений. Слабый эпистемологический контекст социальных сетей является случайным [8], что означает, что многие пользователи получают информацию стихийно.

В кризисной ситуации пользователи, как правило, меняют способ использования платформы и переходят к передаче жизненно важной информации, такой как сведения о возможных рисках или, например, их локализации, а также стремятся получать информацию

о последних событиях от людей с места бедствия. Развлекательная функция, как правило, становится второстепенной в чрезвычайных ситуациях). В ситуации же с пандемией 2020 года разница заключалась в том, что кризис был глобальным и его продолжительность была довольно продолжительной. На этот раз неопределенность, сопровождающая кризисную ситуацию, растянулась на месяцы.

Пандемия представляет собой затянувшуюся кризисную ситуацию, усугубленную социальным отчуждением сверху. Это заставляло пользователей чувствовать себя потерянными и подавленными проблемами, которые никто не мог понять. Отсюда и желание, чтобы каждый был экспертом, чтобы он мог хотя бы понять, что с ним происходит. При этом большинство не хотели быть экспертами в области эпидемиологии, карантинных мер, и домашних средств от вирусов из-за внезапного всплеска любопытства. Им нужен был способ справиться с ситуацией, который также был бы им понятен. Между тем, позиция «доверяйте экспертам» и «пожалуйста, не делитесь информацией, которую вы не понимаете» вывел их из строя как эпистемологических агентов. Требование от пользователей ничего не делать и просто подчиняться шло вразрез с общим желанием что-то сделать, как способ контролировать сложившуюся ситуацию.

По понятным причинам, большая часть фактической информации, распространяемой в социальных сетях, имела некоторые нормативные последствия, которые зачастую затеняли любые претензии на объективность. Типичные утверждения MDI - это не просто описательные утверждения о положении дел в мире, но часто содержащие нормативный контекст, будь то предписывающие или оценочные утверждения, которые предназначены для изменения отношения онлайн-пользователей. Дезинформация была распространена, потому что она предписывала действия или приводила к оценкам состояния дел, с которыми пользователи уже согласны. Следовательно, опровержение фактов не позволяет до конца компенсировать негативный эффект дезинформации, поскольку признание того, что пользователь оказался «обманут», дается ему с трудом.

*Сильный нормативный контекст* виден также при использовании научного опыта, кооптированного для подкрепления предписывающих утверждений, которые в противном случае несостоятельны. Одним из примеров ненадежной информации является материал Блокена и ряда других авторов [9], в которой анимированное изображение показало симуляцию того, как кашляющие бегуны будут распространять частицы капель при беге на расстоянии 1,5 м друг от друга. Статья стала вирусной в социальных сетях, несмотря на то, что не прошла рецензирование и не была опубликована на веб-сайте для предварительного размещения материалов. Визуальная анимация, показывающая распространение капель, была понятна каждому непрофессионалу, без необходимости обладать специальными знаниями в области аэродинамики. В то время как авторы предположили, что может быть небезопасно бегать рядом с другим — и что даже расстояния 1,5 м может быть недостаточно для бега трусцой — аудитория социальных сетей восприняла это как повод пристыдить бегунов.

Тем временем первый автор исследования разместил на своем веб-сайте документ, отвечающий на некоторые вопросы об исследовании, и отказался делать какие-либо далеко идущие выводы, призывая к другой экспертизе. Но пользователи социальных сетей не стеснялись становиться экспертами и делать выводы, что превратило информацию в статье Блокена в боеприпас в более масштабной информационной битве.

Даже если научные утверждения пользователей будут проверены, в последствии они все равно будут предписывать действия другим, и диктовать оценки мира таким образом, чтобы это было одобрено сообществом друзей. Для этих целей будут использованы другие новости, если первые были помечены как MDI. Подходы, основанные на содержании, в таком случае, неэффективны против подобного сильного желания пользователей социальных сетей выдвигать оценочные или предписывающие утверждения о мире и использовать научно обоснованные источники для их подтверждения. Следует учитывать само желание обычных пользователей оценивать мир через призму социальных сетей.

Три измерения информационного контекста в социальных сетях, упомянутые ранее (сильный эмоциональный, сильный нормативный и слабый эпистемологический), одновременно способствуют определенному поведению пользователей, которое можно назвать безответственным обменом информацией в социальных сетях. В то время как данные контексты работают вместе, создавая идеальный шторм низкокачественной и избыточной информации – инфодемию, – все же можно попытаться разработать способы противодействия при столкновении с каждым из них.

Например, практическим способом учитывать эмоциональный контекст может быть создание системы «оповещений о мистификации» Facebook, которая предупреждает пользователей о том, что определенный пост, который они читают, был проверен фактами и, вероятно, является мистификацией. Аналогичная система могла бы создавать метку «эмоционального воздействия», которая появляется под некоторыми новостными статьями, содержащими необычно большое количество эмоциональных слов, вызывающих тревогу. Такого рода оповещения могут предупредить пользователя, что определенные посты, подобные новостям, могут содержать элементы эмоционального воздействия. Читатели по-прежнему могли бы свободно изучать такие материалы, но, по крайней мере, они были бы предупреждены о возможных манипуляциях. Такое предупреждение также будет отмечать нерелевантные новости, которые сами по себе не являются ложными, но которые способствуют распространению информации из-за высокой вирусности и потенциала манипулятивности.

### Список литературы

1. Koroleva K., Krasnova H., Günther O. ‘stop spamming me!’-exploring information overload on facebook. – 2010.
2. Howard P. Misinformation and the coronavirus resistance //Oxford Internet Institute, University of Oxford, April. – 2020. – Т. 24. – С. 2020.
3. Brennen J. S. et al. Types, sources, and claims of COVID-19 misinformation : дис. – University of Oxford, 2020.
4. Wardle C. et al. Thinking about ‘information disorder’: formats of misinformation, disinformation, and mal-information //Ireton, Cherilyn; Posetti, Julie. Journalism, ‘fake news’ & disinformation. Paris: Unesco. – 2018. – С. 43-54.
5. Голубин Р.В., Судьин С.А., Дунаева Н.И., Афонин В.М., Ушаков А.В. Определение эмоциональной тональности текстов как инструмент социального управления: кейс COVID-19 // Теория и практика общественного развития. 2021. №4 (158). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-emotsionalnoy-tonalnosti-tekstov-kak-instrument-sotsialnogo-upravleniya-keys-covid-19> (дата обращения: 10.02.2022).

6. Zollo F. et al. Emotional dynamics in the age of misinformation // PloS one. – 2015. – Т. 10. – №. 9. – С. e0138740.
7. Del Vicario M. et al. Echo chambers: Emotional contagion and group polarization on facebook // Scientific reports. – 2016. – Т. 6. – №. 1. – С. 1-12.
8. Reviglio U. Serendipity by design? How to turn from diversity exposure to diversity experience to face filter bubbles in social media // International Conference on Internet Science. – Springer, Cham, 2017. – С. 281-300.
9. Blocken B. et al. Towards aerodynamically equivalent COVID19 1.5 m social distancing for walking and running // preprint. – 2020.

## References

1. Koroleva K., Krasnova H., Günther O. ‘stop spamming me!’-exploring information overload on facebook. – 2010.
  2. Howard P. Misinformation and the coronavirus resistance // Oxford Internet Institute, University of Oxford, April. - 2020. - Т. 24. - S. 2020.
  3. Brennen J. S. et al. Types, sources, and claims of COVID-19 misinformation : dis. – University of Oxford, 2020.
  4. Wardle C. et al. Thinking about ‘information disorder’: formats of misinformation, disinformation, and mal-information // Ireton, Cherilyn; Posetti, Julie. Journalism, ‘fake news’ & disinformation. Paris: Unesco. - 2018. - .pp 43-54.
  5. R. V. Golubin, S. A. Sud’in, N. I. Dunaeva, V. M. Afonin, and A. V. Ushakov, Russ. Determining the emotional tone of texts as a tool for social management: the case of COVID-19 // Theory and practice of social development. 2021. No. 4 (158). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-emotsionalnoy-tonalnosti-tekstov-kak-instrument-sotsialnogo-upravleniya-keys-covid-19> (date of access: 02/10/2022).
  6. Zollo F. et al. Emotional dynamics in the age of misinformation // PloS one. - 2015. - Т. 10. - No. 9. - S. e0138740.
  7. Del Vicario M. et al. Echo chambers: Emotional contagion and group polarization on facebook // Scientific reports. - 2016. - Т. 6. - No. 1. - pp. 1-12.
  8. Reviglio U. Serendipity by design? How to turn from diversity exposure to diversity experience to face filter bubbles in social media // International Conference on Internet Science. - Springer, Cham, 2017. - pp. 281-300.
  9. Blocken B. et al. Towards aerodynamically equivalent COVID19 1.5 m social distancing for walking and running // preprint. – 2020.
-



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.032.26

## СИНТЕЗ НОВЫХ ВИДОВ СЛОЖНОЙ СЦЕНЫ ПО РЕАЛЬНЫМ ФОТОГРАФИЯМ С ПОМОЩЬЮ NERF

**Чернов Е.И.**

*Московский Политехнический Университет, Россия (107023, Москва, Большая Семеновская ул., 38), e-mail: chernov.eu.i@gmail.com*

Синтез новых видов сцены давняя проблема в области компьютерного зрения. На данный момент существует множество подходов к решению названной задачи, от обычной интерполяции между отдельными видами до нейронного рендеринга. В данной работе рассматриваются синтез новых видов сложной сцены по реальным фотографиям. В точности для исследования используются фотографии здания в жилом квартале снятое с разных ракурсов с различными изменчивыми объектами такими, как движущиеся машины или пешеходы, является значительной помехой для получения качественного результата. Благодаря NeRF (Neural Radiance Fields) был совершён прорыв. В контексте рассматриваемой проблематики можно выделить NeRF-W, позволяющего работать с фотографиями, сделанными при разных условиях освещения и наличии изменчивых объектов, и Instant NeRF, работающий в разы быстрее аналогов.

Ключевые слова: синтез видов, рендеринг на основе изображений, объемный рендеринг, 3d глубокое обучение.

## SYNTHESIS OF NEW VIEWS OF COMPLEX SCENES FROM REAL PHOTOS USING NERF

**Chernov E.I.**

*Moscow Polytechnic University, Russia (107023, Moscow, Bolshaya Semenovskaya st., 38), e-mail: chernov.eu.i@gmail.com*

Synthesis of views of scenes is a long-standing problem in the field of computer vision. At the moment, there are many approaches to solving this problem, from the usual interpolation between individual views to neural rendering. This paper considers the synthesis of views of complex scenes from real photographs. Exactly for the research, photographs of a building in a residential quarter are used, taken from different angles with various changeable objects such as moving cars or pedestrians, is a significant obstacle to obtaining a high-quality result. Thanks to NeRF (Natural Radiance Fields), a breakthrough was made. In the context of the issues under consideration, we can distinguish NeRF-W, which allows you to work with photos taken under different lighting conditions and the presence of changeable objects, and Instant NeRF, which works many times faster than analogues.

Keywords: scene representation, view synthesis, image-based rendering, volume rendering, 3D deep learning.

### Введение

Синтез новых видов сцены давняя проблема в области компьютерного зрения. На данный момент существует множество подходов к решению названной задачи, от обычной интерполяции между отдельными видами до нейронного рендеринга. Современные методы

способны синтезировать новые виды с удивительно точной детализацией, хотя построение 3D моделей таких, как полигональная сетка остается сложной для решения задачей.

В данной работе рассматриваются синтез новых видов сложной сцены по реальным фотографиям. В точности для исследования используются фотографии здания в жилом квартале снятое с разных ракурсов с различными изменчивыми объектами такими, как движущиеся машины или пешеходы, является значительной помехой для получения качественного результата.

В области синтеза новых видов сложной сцены был совершён прорыв благодаря NeRF (Neural Radiance Fields) [1]. Данный метод предлагает использовать многослойный перцептрон для сопоставления каждой точке пространства, объемной плотности и цвета. На момент написания данной работы существует уже множество разновидностей NeRF, улучшающие метод по тем или иным показателям. В контексте рассматриваемой проблематики можно выделить NeRF-W [2], позволяющего работать с фотографиями, сделанными при разных условиях освещения и наличии изменчивых объектов, и Instant NeRF [3], работающий в разы быстрее аналогов.

В этом исследовании производится поиск наилучшего существующего решения для синтеза новых видов сложных сцен.

Решение названной проблемы позволит получать сложные объекты реального мира в цифровом формате для последующего анализа или встраивания в виртуальное пространство.

### **Предыдущие работы.**

Синтез новых видов является давней проблемой в области компьютерного зрения. На основе плотной выборки видов могут быть использованным классические методы интерполяции [4–6].

В последнее время были достигнуты значительные достижения в синтезе видов из разреженного набора данных. Один популярный класс подходов использует представления сцен на основе полигональной сетки с размытым [7] либо зависящим от вида [8; 9] изображением.

Дифференцируемые растризаторы [10–13] или трассировщики путей [14] могут напрямую оптимизировать представления полигональной сетки для воспроизведения набора входных изображений с использованием градиентного спуска. Однако оптимизация сетки на основе градиента, основанная на перепроекции изображения, часто затруднена, вероятно, из-за локальных минимумов или плохой подготовки ландшафта потерь. Кроме того, эта стратегия требует, чтобы шаблонная полигональная сетка с фиксированной топологией предоставлялась в качестве инициализации перед оптимизацией [14], что обычно недоступно для неограниченных сцен реального мира.

Другой класс методов использует объемные представления для решения задачи синтеза высококачественного фотореалистичного вида из набора входных изображений RGB. Объемные подходы способны реалистично представлять сложные формы и материалы, хорошо подходят для оптимизации на основе градиентов и, как правило, создают меньше визуально отвлекающих артефактов, чем методы на основе полигональной сетки. Ранние объемные подходы использовали наблюдаемые изображения для непосредственного окрашивания воксельных сеток [15–17]. Несколько методов [18–25] использовали большие наборы данных из нескольких сцен для обучения глубоких сетей, которые предсказывают

выборочное объемное представление из набора входных изображений, а затем используют либо альфа-композицию [26], либо научное композирование вдоль лучей для визуализации новых видов во время тестирования.

В других работах была оптимизирована комбинация сверточных сетей (CNN) и выборочных воксельных сеток для каждой конкретной сцены, так что CNN может компенсировать артефакты дискретизации от воксельных сеток низкого разрешения [27] или позволить прогнозируемому сетки вокселей могут изменяться в зависимости от времени ввода или элементов управления анимацией [28]. В то время как эти объемные методы достигли впечатляющих результатов для синтеза новых изображений, их способность масштабироваться до изображений с более высоким разрешением принципиально ограничена низкой сложностью во времени и пространстве из-за их дискретной выборки — для рендеринга изображений с более высоким разрешением требуется более точная выборка 3D-пространства.

Структура из движения [29] и настройка связки [30] могут быть использованы для построения разряженного облака точек и восстановления параметров камеры. На примере набора данных Photo Tourism [31], было показано, что эти методы могут быть масштабированы до огромных наборов и использованы для синтеза новых видов [32; 33].

Недавние работы явно выводят свойства света и отражения объектов в сцене из набора неограниченных коллекций фотографий [34–36], используя их для управления внешним видом сцены и геометрией. В то время как другие методы используют семантические знания для реконструкции переходных объектов [37].

### **Нейронный рендеринг.**

Методы нейронного рендеринга начали применяться с недавних пор [38]. В нескольких подходах используются сети трансляции изображений [39] для более реалистичного отображения контента, используя в качестве входных данных традиционные результаты реконструкции [40], изученные скрытые текстуры [41], облака точек [42], воксели [27] или объемы развертки плоскости [18; 43]. Общими недостатками этих подходов являются временные артефакты, видимые при движении камеры.

Другой недавний подход представляет сцену в виде многоплоскостных изображений, ориентированных на камеру, для реконструкции захваченных сцен [21; 25] и интернет-коллекций фотографий [44]. Эти методы позволяют получить фотореалистичную визуализацию с новых точек зрения, но виды, которые они могут интерполировать, ограничены. Напротив, подходы к объемному рендерингу [28; 45] позволяют получать точные и последовательные реконструкции даже при больших движениях камеры, как это делает NeRF-W [2]. Neural Radiance Fields (NeRF) [1] используют многослойный перцептрон (MLP) для моделирования поля излучения с беспрецедентным уровнем точности, отчасти благодаря использованию позиционного кодирования в MLP [46]. Однако оптимизация NeRF может быть довольно продолжительной. Учитывая то, что NeRF оптимизируется для каждой сцены отдельно, это может быть серьезным затруднением. Для преодоления названного затруднения могут применяться разные инструменты, включая Instant NeRF, который позволяет значительно сократить время, затраченное на оптимизацию [3].

В данной работе будут рассмотрены классический NeRF, Instant NeRF и NeRF-W.

### Neural Radiance Fields (NeRF)

NeRF — это метод для синтеза новых видов сцены, представленной в виде излученного непрерывного объемного поля. В основе его лежит многослойный персептрон (MLP). В качестве входа выступают декартовы координаты точки на сцене  $\mathbf{x} = (x, y, z)$  и направление просмотра  $\mathbf{d} = (d_x, d_y, d_x)$ , а в качестве выхода — объемная плотность  $\sigma$  и цвет  $\mathbf{c} = (r, g, b)$ . Чтобы вычислить цвет одного пикселя, аппроксимируется интеграл объемного рендеринга, используя числовую квадратуру [47]. Пусть  $\mathbf{r}(t) = \mathbf{o} + t\mathbf{d}$  — луч, испускаемый из центра проекции камеры  $\mathbf{o}$  через данный пиксель на плоскости изображения, тогда цвет этого пикселя будет вычисляться в соответствии с выражением 1.

$$\hat{\mathbf{c}}(\mathbf{r}) = \sum_{k=1}^K T(t_k) \alpha(\sigma(t_k) \delta_k) \mathbf{c}(t_k),$$

$$T(t_k) = \exp\left(-\sum_{n=1}^{k-1} \sigma(t_n) \delta_n\right),$$

$$\alpha(x) = 1 - \exp(-x),$$
(1)

где  $\hat{\mathbf{c}}$  — вычисляемый цвет пикселя,  $\{t_k\}_{k=1}^K$  — квадратурные точки на луче  $\mathbf{r}$  между ближней и дальней плоскостями камеры,  $\sigma(t)$  и  $\mathbf{c}(t)$  — объемная плотность и цвет в точке  $\mathbf{r}(t)$ , и  $\delta_k = t_{k+1} - t_k$  расстояние между двумя последовательными квадратурными точками.

Функция потерь считается на основании действительного изображения и изображения полученного с помощью выражения 1. Архитектура модели представлена на Рисунке 1.

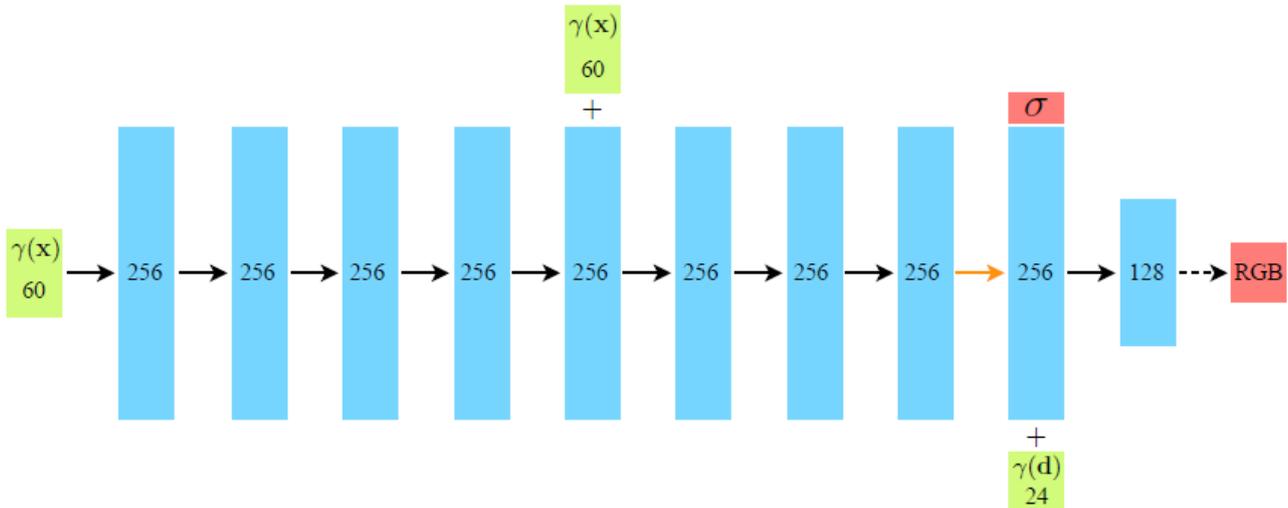


Рисунок 1 – Архитектура NeRF [1]

При этом данный метод имеет несколько особенностей, позволяющих ему достигать конкурентного качества:

- 1) модель регуляризируется благодаря разделению выходов объемной плотности и цвета на разные слои;
- 2) чтобы увеличить качество высокочастотных деталей сцены, к декартовым координатам и направлению просмотра применяется позиционное кодирование  $\gamma$ ;
- 3) используется грубая и мелкая модели, которые обучаются друг за другом, позволяя увеличивать качество результата в значимых областях пространства.

### **NeRF in the Wild (NeRF-W)**

NeRF-W развивает идеи NeRF, распространяясь на фотографии, сделанные в разных условиях. В названном подходе решаются две проблемы:

- фотометрическая изменчивость: фотографии, сделанные при разных условиях освещения;
- временные объекты: в объектив камеры могут попадать случайные объекты отсутствующие на других фотографиях и движущиеся объекты.

Данные пункты влияют на итоговую реконструкцию сцены, добавляя шум или искажая цвета. Для решения названных проблем применяется генеративная латентная оптимизация (Generative Latent Optimization – GLO) [48]. Данный подход состоит в том, чтобы описывать каждый обучающий пример своим вектором в латентном пространстве. При этом эти вектора подаются на вход модели и оптимизируются вместе с ее весами.

Для решения проблемы фотометрической изменчивости, каждому изображению сопоставляется свой вектор, описывающий условия освещенности. Также добавляется дополнительный вывод цвета, соответствующего условиям освещенности переданного вектора.

Проблема временных объектов решается похожим образом. Каждой фотографии сопоставляется еще по вектору для описания временных объектов. И добавляются дополнительные выходы цвета, объемной плотности и неопределенности. Неопределенность описывает с какой вероятностью пиксель того или иного изображения относился к временному объекту.

На Рисунке 2 представлена архитектура NeRF-W.

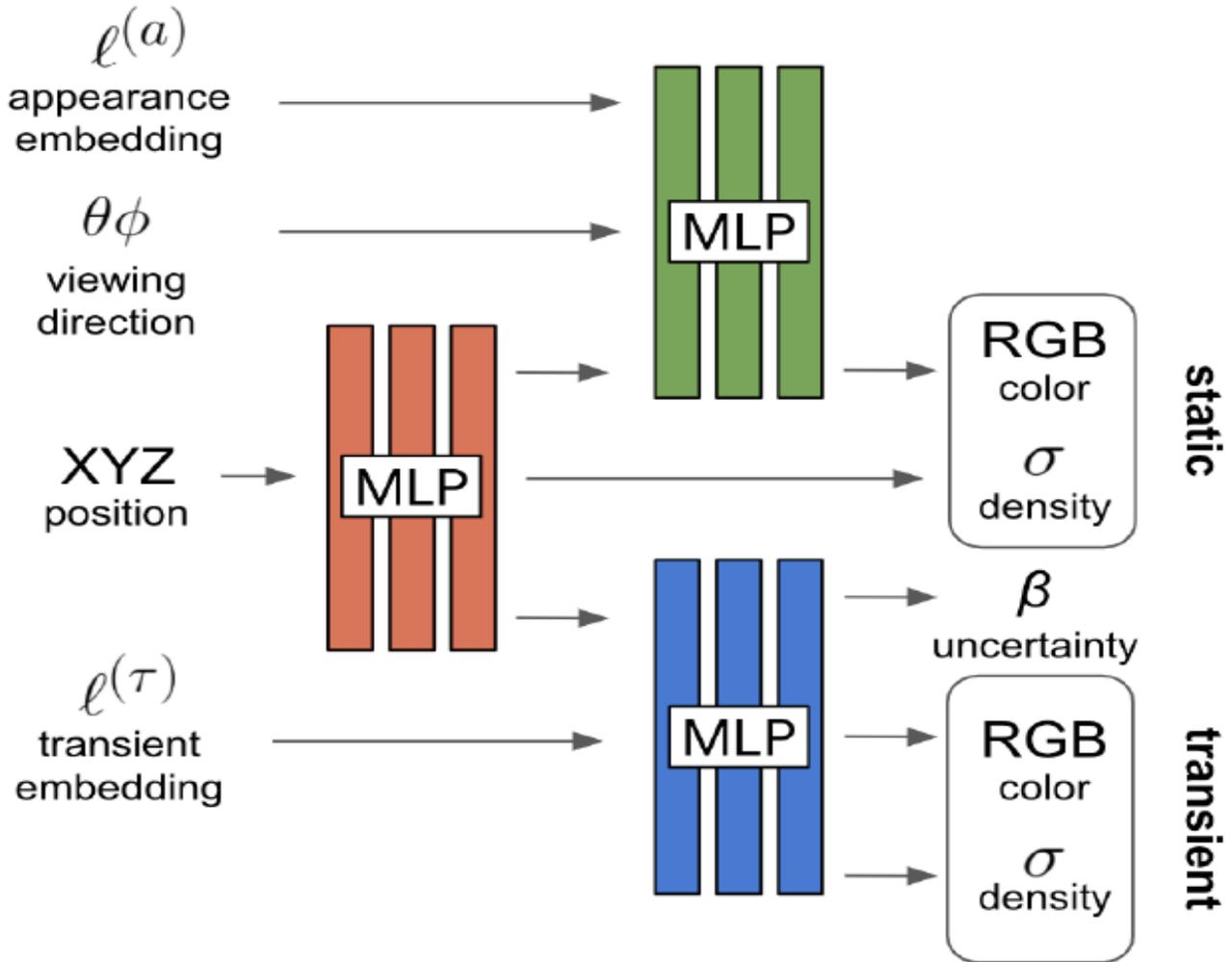


Рисунок 2 – Архитектура NeRF-W [2]

### Instant NeRF

Instant NeRF использует архитектуру схожую с классическим NeRF, но заменяет позиционное кодирование хеш-кодированием с мультиразрешением. Это позволяет упростить архитектуру NeRF, снижая количество операций с плавающей точкой.

### Эксперименты.

Для проведения экспериментов было отснято некоторое здание с нескольких ракурсов. При этом в кадр попадает несколько изменчивых объектов, таких как движущиеся машины или пешеходы. Несколько ракурсов приведены на Рисунке 3.



Рисунок 3 – Примеры из обучающего набора данных

Для оптимизации параметров каждого метода использовалось 185 изображений здания с разных ракурсов с разрешением 3840x2160. Для оценки параметров камеры использовался COLMA [49] с включением двух радиальных и двух тангенциальных параметров. Модель инициализируется случайными весами. Для оптимизации каждого варианта NeRF использовался Adam на 1 GPU Tesla A100 с размером пакета 34816 на протяжении 20 эпох. Это потребовало около 6 часов для классического NeRF, около 10 часов для NeRF-W и несколько десятков минут для Instant NeRF.

Так как сравнение качества синтеза новых видов является сложной задачей, на Рисунке 4 приводятся результаты каждого метода с одного и того же ракурса. Количественное сравнение качества на основе PSNR, MS-SSIM [50] и LPIPS [51] приведено в Таблице 1.

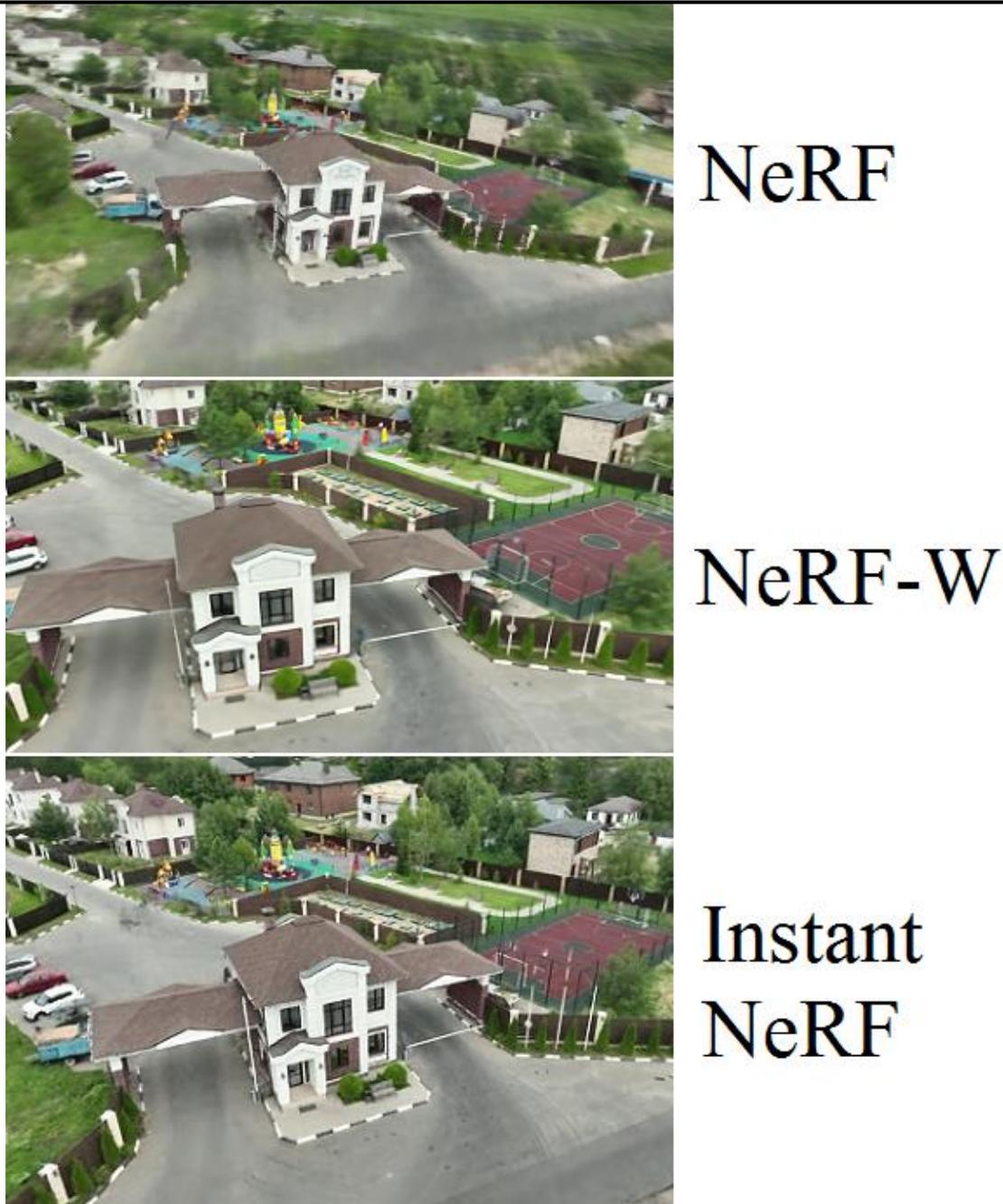


Рисунок 4 – Результаты использования каждого из методов

Таблица 1 – Количественное сравнение качества на основе PSNR, MS-SSIM и LPIPS. В таблице выделены наилучшие метрики.

	PSNR	MS-SSIM	LPIPS
NeRF	22,19	0,895	0,192
NeRF-W	<b>25,32</b>	<b>0,946</b>	<b>0,133</b>
Instant NeRF	23,03	0,903	0,175

На основании полученных результатов видно, что NeRF-W обладает наилучшими результатами. Это объясняется наличием множества изменчивых объектов на изображениях исследуемого набора данных.

### **Заключение.**

В данной работе был проведен ряд экспериментов по синтезу новых видов сложных сцен по реальным фотографиям с помощью современных методов по нейронному рендерингу NeRF, NeRF-W, Instant NeRF. Результаты показывают, что NeRF-W значительно превосходит по качеству другие методы на рассматриваемом наборе данных, однако требует значительные объемы времени на оптимизацию.

Синтез новых видов рассмотренной сцены был выполнен на приемлемом уровне. Для получения наиболее качественных результатов на схожих наборах данных наиболее подходящим является NeRF-W. Для получения быстрых результатов с достойным качеством может использоваться Instant NeRF.

### **Список литературы**

1. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. NeRF / В. Mildenhall [и др.] number: arXiv:2003.08934arXiv:2003.08934 [cs]. – arXiv, 2020.
2. NeRF in the Wild: Neural Radiance Fields for Unconstrained Photo Collections. NeRF in the Wild / R. Martin-Brualla [и др.] number: arXiv:2008.02268arXiv:2008.02268 [cs]. – arXiv, 2021.
3. Instant Neural Graphics Primitives with a Multiresolution Hash Encoding / Т. Müller [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2022. – Т. 41. – № 4. – С. 1-15.
4. Levoy M. Light field rendering / М. Levoy, Р. Hanrahan // Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '96. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1996. – С. 31-42.
5. Davis A. Unstructured Light Fields / А. Davis, М. Levoy, F. Durand // Computer Graphics Forum. – 2012. – Т. 31.
6. The Lumigraph / S. Gortler [и др.] // Proc. of SIGGRAPH 96. – 2001. – Т. 96.
7. Waechter M. Let There Be Color! Large-Scale Texturing of 3D Reconstructions / М. Waechter, N. Moehrle, M. Goesele // Computer Vision – ECCV 2014 : Lecture Notes in Computer Science / eds. D. Fleet [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – С. 836-850.
8. Unstructured lumigraph rendering / С. Buehler [и др.] // Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '01. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2001. – С. 425-432.
9. Surface light fields for 3D photography / D.N. Wood [и др.] // Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '00. – USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 2000. – С. 287-296.
10. Learning to Predict 3D Objects with an Interpolation-based Differentiable Renderer / W. Chen [и др.] number: arXiv:1908.01210arXiv:1908.01210 [cs]. – arXiv, 2019.
11. Unsupervised Training for 3D Morphable Model Regression / К. Genova [и др.] number: arXiv:1806.06098arXiv:1806.06098 [cs]. – arXiv, 2018.
12. Soft Rasterizer: A Differentiable Renderer for Image-based 3D Reasoning. Soft Rasterizer / S. Liu [и др.] number: arXiv:1904.01786arXiv:1904.01786 [cs]. – arXiv, 2019.
13. Loper M.M. OpenDR: An Approximate Differentiable Renderer / М.М. Loper, М.М. Black // Computer Vision – ECCV 2014 : Lecture Notes in Computer Science / eds. D. Fleet [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – OpenDR. – С. 154-169.

14. Differentiable Monte Carlo ray tracing through edge sampling / T.-M. Li [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2018. – Т. 37. – № 6. – С. 222:1-222:11.
15. Kutulakos K.N. A Theory of Shape by Space Carving / K.N. Kutulakos, S.M. Seitz // International Journal of Computer Vision. – 2000. – Vol.38. – № 3. – С. 199-218.
16. Seitz S.M. Photorealistic Scene Reconstruction by Voxel Coloring / S.M. Seitz, C.R. Dyer // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 35. – № 2. – С. 151-173.
17. Szeliski R. Stereo Matching with Transparency and Matting / R. Szeliski, P. Golland // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 32. – № 1. – С. 45-61.
18. DeepView: View Synthesis with Learned Gradient Descent. DeepView / J. Flynn [и др.] number: arXiv:1906.07316arXiv:1906.07316 [cs, eess]. – arXiv, 2019.
19. Single-image Tomography: 3D Volumes from 2D Cranial X-Rays. Single-image Tomography / P. Henzler [и др.] number: arXiv:1710.04867arXiv:1710.04867 [cs]. – arXiv, 2018.
20. Kar A. Learning a Multi-View Stereo Machine / A. Kar, C. Häne, J. Malik // Advances in Neural Information Processing Systems. – Curran Associates, Inc., 2017. – Т. 30.
21. Local Light Field Fusion: Practical View Synthesis with Prescriptive Sampling Guidelines. Local Light Field Fusion / B. Mildenhall [и др.] number: arXiv:1905.00889arXiv:1905.00889 [cs]. – arXiv, 2019.
22. Penner E. Soft 3D reconstruction for view synthesis / E. Penner, L. Zhang // ACM Transactions on Graphics. – 2017. – Т. 36. – № 6. – С. 235:1-235:11.
23. Pushing the Boundaries of View Extrapolation with Multiplane Images / P.P. Srinivasan [и др.] number: arXiv:1905.00413arXiv:1905.00413 [cs]. – arXiv, 2019.
24. Multi-view Supervision for Single-view Reconstruction via Differentiable Ray Consistency / S. Tulsiani [и др.] number: arXiv:1704.06254arXiv:1704.06254 [cs]. – arXiv, 2017.
25. Stereo Magnification: Learning View Synthesis using Multiplane Images. Stereo Magnification / T. Zhou [и др.] number: arXiv:1805.09817arXiv:1805.09817 [cs]. – arXiv, 2018.
26. Porter T. Compositing digital images / T. Porter, T. Duff // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. – 1984. – Vol. 18. – № 3. – С. 253-259.
27. DeepVoxels: Learning Persistent 3D Feature Embeddings. DeepVoxels / V. Sitzmann [и др.] number: arXiv:1812.01024arXiv:1812.01024 [cs]. – arXiv, 2019.
28. Neural Volumes: Learning Dynamic Renderable Volumes from Images / S. Lombardi [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2019. – Т. 38. – Neural Volumes. – № 4. – С. 1-14.
29. Hartley R. Multiple View Geometry in Computer Vision / R. Hartley, A. Zisserman. – 2. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
30. Bundle Adjustment — A Modern Synthesis / B. Triggs [et al.] // Vision Algorithms: Theory and Practice : Lecture Notes in Computer Science / eds. B. Triggs, A. Zisserman, R. Szeliski. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2000. – С. 298-372.
31. Snavely N. Photo tourism: exploring photo collections in 3D / N. Snavely, S.M. Seitz, R. Szeliski // ACM Transactions on Graphics. – 2006. – Т. 25. – Photo tourism. – № 3. – С. 835-846.
32. Reconstructing Rome / S. Agarwal [и др.] // Computer. – 2010. – Т. 43. – № 6. – С. 40-47.
33. Building Rome on a Cloudless Day / J.-M. Frahm [et al.] // Computer Vision – ECCV 2010 : Lecture Notes in Computer Science / eds. K. Daniilidis, P. Maragos, N. Paragios. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. – С. 368-381.

34. Coherent Intrinsic Images from Photo Collections : Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2012 / P.-Y. Laffont [et al.] // ACM Transactions on Graphics. – 2012. – Vol. 31. – № 6.
35. The Visual Turing Test for Scene Reconstruction / Q. Shan [и др.] // 2013 International Conference on 3D Vision - 3DV 2013 2013 International Conference on 3D Vision - 3DV 2013. – 2013. – С. 25-32.
36. Learning to Factorize and Relight a City / A. Liu [и др.] // European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2020.
37. Augmenting Crowd-Sourced 3D Reconstructions Using Semantic Detections / T. Price [et al.] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2018. – С. 1926-1935.
38. State of the Art on Neural Rendering / A. Tewari [и др.] number: arXiv:2004.03805arXiv:2004.03805 [cs]. – arXiv, 2020.
39. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks / P. Isola [и др.] number: arXiv:1611.07004arXiv:1611.07004 [cs]. – arXiv, 2018.
40. LookinGood: Enhancing Performance Capture with Real-time Neural Re-Rendering. LookinGood / R. Martin-Brualla [и др.] number: arXiv:1811.05029arXiv:1811.05029 [cs]. – arXiv, 2018.
41. Thies J. Deferred Neural Rendering: Image Synthesis using Neural Textures. Deferred Neural Rendering / J. Thies, M. Zollhöfer, M. Nießner number: arXiv:1904.12356arXiv:1904.12356 [cs]. – arXiv, 2019.
42. Neural Point-Based Graphics / K.-A. Aliev [и др.] number: arXiv:1906.08240arXiv:1906.08240 [cs]. – arXiv, 2020.
43. DeepStereo: Learning to Predict New Views from the World’s Imagery. DeepStereo / J. Flynn [и др.] number: arXiv:1506.06825arXiv:1506.06825 [cs]. – arXiv, 2015.
44. Crowdsampling the Plenoptic Function / Z. Li [и др.] number: arXiv:2007.15194arXiv:2007.15194 [cs]. – arXiv, 2020.
45. Sitzmann V. Scene Representation Networks: Continuous 3D-Structure-Aware Neural Scene Representations. Scene Representation Networks / V. Sitzmann, M. Zollhöfer, G. Wetzstein number: arXiv:1906.01618arXiv:1906.01618 [cs]. – arXiv, 2020.
46. Fourier Features Let Networks Learn High Frequency Functions in Low Dimensional Domains / M. Tancik [и др.] number: arXiv:2006.10739arXiv:2006.10739 [cs]. – arXiv, 2020.
47. Max N. Optical models for direct volume rendering / N. Max // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 1995. – Т. 1. – № 2. – С. 99-108.
48. Optimizing the Latent Space of Generative Networks / P. Bojanowski [и др.] number: arXiv:1707.05776arXiv:1707.05776 [cs, stat]. – arXiv, 2019.
49. Schonberger J.L. Structure-From-Motion Revisited / J.L. Schonberger, J.-M. Frahm // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2016. – С. 4104-4113.
50. Wang Z. Multiscale structural similarity for image quality assessment / Z. Wang, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik // The Thrity-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003 The Thrity-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003. – 2003. – Т. 2. – С. 1398-1402 Vol.2.
51. The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric / R. Zhang [и др.] number: arXiv:1801.03924arXiv:1801.03924 [cs]. – arXiv, 2018

## References

1. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. NeRF / B. Mildenhall [и др.] number: arXiv:2003.08934arXiv:2003.08934 [cs]. – arXiv, 2020.
2. NeRF in the Wild: Neural Radiance Fields for Unconstrained Photo Collections. NeRF in the Wild / R. Martin-Brualla [и др.] number: arXiv:2008.02268arXiv:2008.02268 [cs]. – arXiv, 2021.
3. Instant Neural Graphics Primitives with a Multiresolution Hash Encoding / T. Müller [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2022. – Т. 41. – № 4. – pp. 1-15.
4. Levoy M. Light field rendering / M. Levoy, P. Hanrahan // Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '96. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1996. – pp. 31-42.
5. Davis A. Unstructured Light Fields / A. Davis, M. Levoy, F. Durand // Computer Graphics Forum. – 2012. – Т. 31.
6. The Lumigraph / S. Gortler [и др.] // Proc. of SIGGRAPH 96. – 2001. – Т. 96.
7. Waechter M. Let There Be Color! Large-Scale Texturing of 3D Reconstructions / M. Waechter, N. Moehrle, M. Goesele // Computer Vision – ECCV 2014 : Lecture Notes in Computer Science / eds. D. Fleet [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – pp. 836-850.
8. Unstructured lumigraph rendering / C. Buehler [и др.] // Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '01. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2001. – pp. 425-432.
9. Surface light fields for 3D photography / D.N. Wood [и др.] // Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques : SIGGRAPH '00. – USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 2000. – pp. 287-296.
10. Learning to Predict 3D Objects with an Interpolation-based Differentiable Renderer / W. Chen [и др.] number: arXiv:1908.01210arXiv:1908.01210 [cs]. – arXiv, 2019.
11. Unsupervised Training for 3D Morphable Model Regression / K. Genova [и др.] number: arXiv:1806.06098arXiv:1806.06098 [cs]. – arXiv, 2018.
12. Soft Rasterizer: A Differentiable Renderer for Image-based 3D Reasoning. Soft Rasterizer / S. Liu [и др.] number: arXiv:1904.01786arXiv:1904.01786 [cs]. – arXiv, 2019.
13. Loper M.M. OpenDR: An Approximate Differentiable Renderer / M.M. Loper, M.J. Black // Computer Vision – ECCV 2014 : Lecture Notes in Computer Science / eds. D. Fleet [et al.]. – Cham: Springer International Publishing, 2014. – OpenDR. – pp. 154-169.
14. Differentiable Monte Carlo ray tracing through edge sampling / T.-M. Li [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2018. – Т. 37. – № 6. – pp. 222:1-222:11.
15. Kutulakos K.N. A Theory of Shape by Space Carving / K.N. Kutulakos, S.M. Seitz // International Journal of Computer Vision. – 2000. – Vol. 38. – № 3. – pp. 199-218.
16. Seitz S.M. Photorealistic Scene Reconstruction by Voxel Coloring / S.M. Seitz, C.R. Dyer // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 35. – № 2. – pp. 151-173.
17. Szeliski R. Stereo Matching with Transparency and Matting / R. Szeliski, P. Golland // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Vol. 32. – № 1. – pp. 45-61.
18. DeepView: View Synthesis with Learned Gradient Descent. DeepView / J. Flynn [и др.] number: arXiv:1906.07316arXiv:1906.07316 [cs, eess]. – arXiv, 2019.

19. Single-image Tomography: 3D Volumes from 2D Cranial X-Rays. Single-image Tomography / P. Henzler [и др.] number: arXiv:1710.04867arXiv:1710.04867 [cs]. – arXiv, 2018.
20. Kar A. Learning a Multi-View Stereo Machine / A. Kar, C. Häne, J. Malik // Advances in Neural Information Processing Systems. – Curran Associates, Inc., 2017. – Т. 30.
21. Local Light Field Fusion: Practical View Synthesis with Prescriptive Sampling Guidelines. Local Light Field Fusion / B. Mildenhall [и др.] number: arXiv:1905.00889arXiv:1905.00889 [cs]. – arXiv, 2019.
22. Penner E. Soft 3D reconstruction for view synthesis / E. Penner, L. Zhang // ACM Transactions on Graphics. – 2017. – Т. 36. – № 6. – pp. 235:1-235:11.
23. Pushing the Boundaries of View Extrapolation with Multiplane Images / P.P. Srinivasan [и др.] number: arXiv:1905.00413arXiv:1905.00413 [cs]. – arXiv, 2019.
24. Multi-view Supervision for Single-view Reconstruction via Differentiable Ray Consistency / S. Tulsiani [и др.] number: arXiv:1704.06254arXiv:1704.06254 [cs]. – arXiv, 2017.
25. Stereo Magnification: Learning View Synthesis using Multiplane Images. Stereo Magnification / T. Zhou [и др.] number: arXiv:1805.09817arXiv:1805.09817 [cs]. – arXiv, 2018.
26. Porter T. Compositing digital images / T. Porter, T. Duff // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. – 1984. – Vol. 18. – № 3. – pp. 253-259.
27. DeepVoxels: Learning Persistent 3D Feature Embeddings. DeepVoxels / V. Sitzmann [и др.] number: arXiv:1812.01024arXiv:1812.01024 [cs]. – arXiv, 2019.
28. Neural Volumes: Learning Dynamic Renderable Volumes from Images / S. Lombardi [и др.] // ACM Transactions on Graphics. – 2019. – Т. 38. – Neural Volumes. – № 4. – pp. 1-14.
29. Hartley R. Multiple View Geometry in Computer Vision / R. Hartley, A. Zisserman. – 2. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
30. Bundle Adjustment — A Modern Synthesis / B. Triggs [et al.] // Vision Algorithms: Theory and Practice : Lecture Notes in Computer Science / eds. B. Triggs, A. Zisserman, R. Szeliski. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2000. – pp. 298-372.
31. Snavely N. Photo tourism: exploring photo collections in 3D / N. Snavely, S.M. Seitz, R. Szeliski // ACM Transactions on Graphics. – 2006. – Т. 25. – Photo tourism. – № 3. – pp. 835-846.
32. Reconstructing Rome / S. Agarwal [и др.] // Computer. – 2010. – Т. 43. – № 6. – pp. 40-47.
33. Building Rome on a Cloudless Day / J.-M. Frahm [et al.] // Computer Vision – ECCV 2010 : Lecture Notes in Computer Science / eds. K. Daniilidis, P. Maragos, N. Paragios. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. – pp. 368-381.
34. Coherent Intrinsic Images from Photo Collections : Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2012 / P.-Y. Laffont [et al.] // ACM Transactions on Graphics. – 2012. – Vol. 31. – № 6.
35. The Visual Turing Test for Scene Reconstruction / Q. Shan [и др.] // 2013 International Conference on 3D Vision - 3DV 2013 2013 International Conference on 3D Vision - 3DV 2013. – 2013. – pp. 25-32.
36. Learning to Factorize and Relight a City / A. Liu [и др.] // European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2020.
37. Augmenting Crowd-Sourced 3D Reconstructions Using Semantic Detections / T. Price [et al.] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2018. – pp. 1926-1935.

38. State of the Art on Neural Rendering / A. Tewari [и др.] number: arXiv:2004.03805arXiv:2004.03805 [cs]. – arXiv, 2020.
  39. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks / P. Isola [и др.] number: arXiv:1611.07004arXiv:1611.07004 [cs]. – arXiv, 2018.
  40. LookinGood: Enhancing Performance Capture with Real-time Neural Re-Rendering. LookinGood / R. Martin-Brualla [и др.] number: arXiv:1811.05029arXiv:1811.05029 [cs]. – arXiv, 2018.
  41. Thies J. Deferred Neural Rendering: Image Synthesis using Neural Textures. Deferred Neural Rendering / J. Thies, M. Zollhöfer, M. Nießner number: arXiv:1904.12356arXiv:1904.12356 [cs]. – arXiv, 2019.
  42. Neural Point-Based Graphics / K.-A. Aliev [и др.] number: arXiv:1906.08240arXiv:1906.08240 [cs]. – arXiv, 2020.
  43. DeepStereo: Learning to Predict New Views from the World’s Imagery. DeepStereo / J. Flynn [и др.] number: arXiv:1506.06825arXiv:1506.06825 [cs]. – arXiv, 2015.
  44. Crowdsampling the Plenoptic Function / Z. Li [и др.] number: arXiv:2007.15194arXiv:2007.15194 [cs]. – arXiv, 2020.
  45. Sitzmann V. Scene Representation Networks: Continuous 3D-Structure-Aware Neural Scene Representations. Scene Representation Networks / V. Sitzmann, M. Zollhöfer, G. Wetzstein number: arXiv:1906.01618arXiv:1906.01618 [cs]. – arXiv, 2020.
  46. Fourier Features Let Networks Learn High Frequency Functions in Low Dimensional Domains / M. Tancik [и др.] number: arXiv:2006.10739arXiv:2006.10739 [cs]. – arXiv, 2020.
  47. Max N. Optical models for direct volume rendering / N. Max // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 1995. – Т. 1. – № 2. – pp. 99-108.
  48. Optimizing the Latent Space of Generative Networks / P. Bojanowski [и др.] number: arXiv:1707.05776arXiv:1707.05776 [cs, stat]. – arXiv, 2019.
  49. Schonberger J.L. Structure-From-Motion Revisited / J.L. Schonberger, J.-M. Frahm // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2016. – pp. 4104-4113.
  50. Wang Z. Multiscale structural similarity for image quality assessment / Z. Wang, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik // The Thrity-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003 The Thrity-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 2003. – 2003. – Т. 2. – pp. 1398-1402 Vol.2.
  51. The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric / R. Zhang [и др.] number: arXiv:1801.03924arXiv:1801.03924 [cs]. – arXiv, 2018
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004

## ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГЕОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**Воробьева Г.Р.**

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия (450005, Уфа, Республика Башкортостан, ул. Мингажева, 158/1), email: vorobyeva.2020@yandex.ru*

Представлены результаты реализации веб-ориентированного приложения, обеспечивающего визуализацию пространственно-временного распределения параметров геомагнитного поля и его вариаций. В основе разработанного приложения лежат геоинформационные технологии, что позволили использовать сопутствующие геоинформационные инструменты и средства для реализации интерактивного взаимодействия пользователя с приложением. Предложенная архитектура и алгоритм визуализации обеспечивают высокую скорость рендеринга геопрограммного изображения, что подтверждается проведенными вычислительными экспериментами.

Ключевые слова: геомагнитные данные, геоинформационные технологии, пространственный рендеринг, геопрограммные данные, веб-приложения.

## INTERACTIVE WEB APPLICATION FOR MONITORING GEOMAGNETIC PARAMETERS BASED ON GIS TECHNOLOGIES

**Vorobyeva G.R.**

*Ufa State Aviation Technical University, Russia (450005, Ufa, Republic of Bashkortostan, st. Mingazheva, 158/1), email: vorobyeva.2020@yandex.ru*

The results of the implementation of a web-oriented application providing visualization of the spatial-temporal distribution of the parameters of the geomagnetic field and its variations are presented. The developed application is based on geoinformation technologies, which made it possible to use accompanying geoinformation tools and tools to implement interactive user interaction with the application. The proposed architecture and visualization algorithm provide high-speed rendering of geospatial images, which is confirmed by the conducted computational experiments.

Keywords: Geomagnetic data, geoinformation technologies, spatial rendering, geospatial data, web applications

### Введение

В настоящее время важнейшей задачей мониторинга геомагнитных данных является исследование пространственно-временной анизотропии параметров геомагнитного поля и его вариаций. Анализ известных решений в данном направлении показал, что на сегодняшний день не известен инструмент, в полной мере реализующий решение указанной научно-технической задачи. При этом актуальность ее ввиду стремительно растущих объемов и сложности геомагнитных данных только усиливается.

В общем виде основной характеристикой (с точки зрения обработки и визуализации) геомагнитных данных является их многослойность. Это означает, что обработка указанных данных возможна только при наличии достоверной информации об источниках данных, о пространственных регионах со схожей геомагнитной обстановкой, а также существующими магнитными аномалиями, обусловленными особенностями строения земной коры, а также различного рода событиями на земной поверхности и в околоземном пространстве. При этом последние могут иметь как естественный, так и антропогенный характер происхождения.

Для решения представленной задачи представляется целесообразной разработка веб-ориентированного приложения, доступного широкому кругу пользователей любого уровня подготовки. При этом эффективным вариантом соответствующей реализации является комплекс пространственных изолиний с динамической цветовой схемой. Эффективное использование такого пространственного слоя для анализа пространственно-временной анизотропии параметров геомагнитного поля и его вариаций предполагает возможность динамического варьирования пространственных изолиний при масштабировании соответствующего пространственного изображения, с одной стороны, а также при изменении пользователем пространственно-временных параметров визуализации.

### **Исходные данные**

Основой предложенного веб-ориентированного решения является комплекс геомагнитных данных, которые в режиме реального времени регистрируются наземными магнитными обсерваториями и вариационными станциями сети INTERMAGNET [1].

Данные распространяются в текстовом CSV-подобном формате, могут различаться составом описываемых параметров, шагом дискретизации, единицами измерения, содержат многочисленные пропуски, выбросы и аномалии. Сами источники данных неравномерно распределены по поверхности Земли. При этом параметры геомагнитного поля и его вариаций демонстрируют в своей пространственно-временной динамике выявленную зависимость от географической привязки точки / пространственного региона регистрации / наблюдения соответствующих значений. Кроме того, формируемые при этом временные ряды являются многомерными.

### **Архитектура решения**

В общем виде архитектура инструментально-программного средства GEOMAGNET описывается в соответствии с ГОСТ 34.602-89 и представляет собой совокупность функциональных и организационных составляющих (присущих любым информационным системам, специальным классом которой является и геоинформационная система), включая подсистемы обработки, хранения, анализа и визуальной интерпретации данных.

Основные задачи сбора, обработки, анализа, хранения и визуальной интерпретации геомагнитных данных, полученных из территориально распределенных гетерогенных источников и описывающих состояние геомагнитного поля и его вариаций в виде совокупности параметров, реализованы в составе подсистем и отдельных модулей информационной системы GEOMAGNET [2-4] (Рисунок 1).

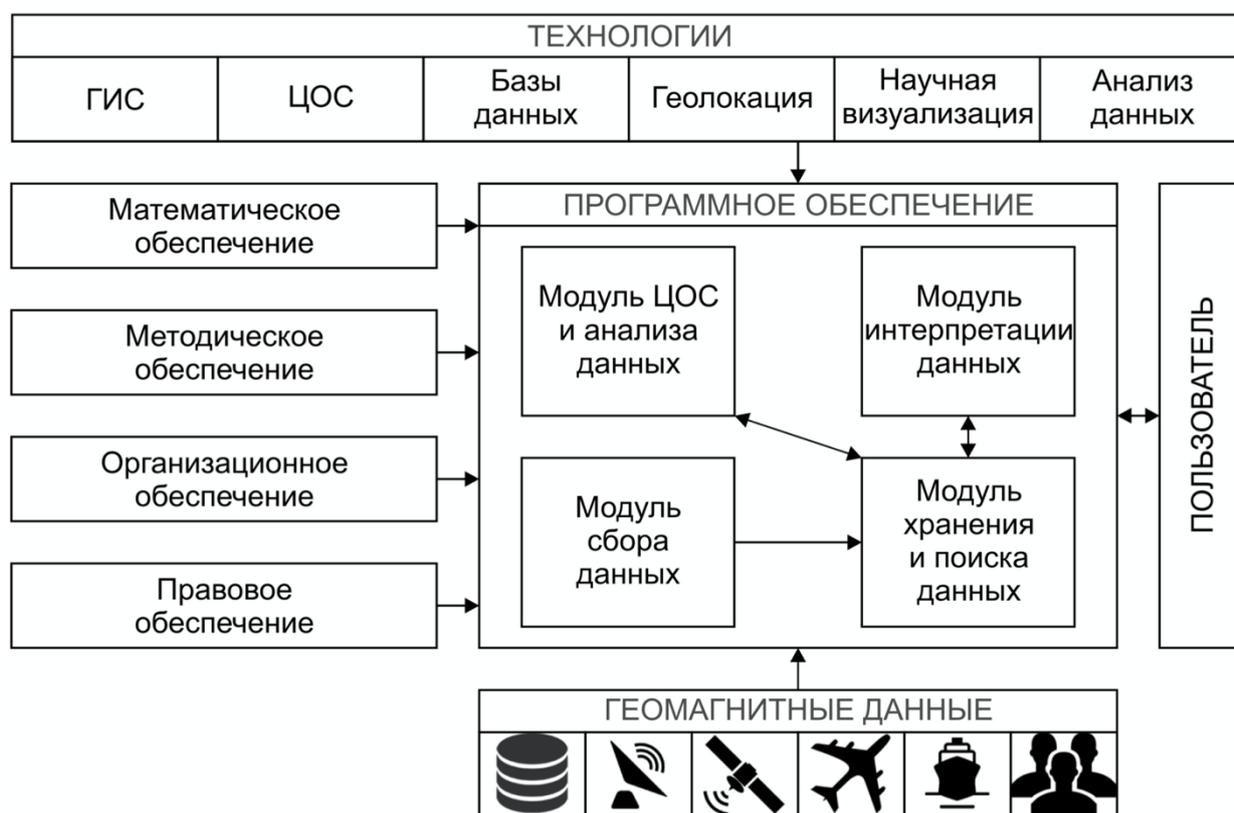


Рисунок 1 – Архитектура системы GEOMAGNET

Так, к примеру, одной из базовых составляющих являются метаданные, представленные в едином информационном пространстве в двух компонентах информационной системы.

Так, метаданные представлены в реестре источников данных, где определены характеристик магнитных обсерваторий и вариационных станциях, являющихся поставщиками геомагнитной информации для задач поддержки принятия решений в прикладных областях. Такие метаданные определяют идентификационные параметры источников данных (например, в данном случае к ним относятся уникальный четырехсимвольный IAGA-код, кратное и полное название соответствующей магнитной обсерватории / вариационной станции). Здесь же представлены пространственные характеристики источника данных, которые включают в себя геодезические широту, долготу, а также при необходимости высоту над уровнем моря (последний параметр является опциональным для других прикладных областей, но для анализа параметров магнитного поля Земли и его вариаций имеет принципиально важное значение). В метаданных источников данных также определены протоколы доступа к ним, например, URL удаленного хранилища данных, доступного, к примеру, по FTP.

Программные средства в рамках обозначенной архитектуры представляют собой совокупность четырех интегрированных программных модулей, обеспечивающих реализацию основного функционала единого информационного пространства:

1. Модуль сбора данных реализует интеграцию и предварительную обработку метео-данных, полученных из гетерогенных источников (аэрофотосъемка, геодезические

исследования, спутниковые данные, данные обсерваторий и (или) метеостанций и др.). Приоритетной задачей этого модуля является унификация представления разнородных по происхождению и формату данных.

2. Модуль хранения и поиска данных позволяет формулировать программные запросы, результатом выполнения которых является контекстно-связанная информация, представленная в формате соответствующей модели данных (реляционной, сетевой, иерархической и т. д.). Основное назначение данного модуля – агрегирование, фильтрация и классификация наборов данных для их дальнейшего анализа и интерпретации.

3. Модуль цифровой обработки сигнала (ЦОС) и анализа данных служит для функционального манипулирования наборами метеоданных посредством пространственно-временного, частотного, статистического и иных видов анализа с целью получения новых данных, служащих основой в том числе для информационной поддержки принятия решений в проблемной области.

4. Модуль интерпретации данных предназначен для представления данных в любой удобной для пользователя форме (диаграммы, таблицы, отчеты, двух- и трехмерные графические модели и пр.). Основным назначением этого модуля является формирование интерфейса конечного пользователя как промежуточного звена между поставщиком и потребителем метеоданных, реализующего визуальные элементы для управления механизмами формирования запросов и рендеринга откликов.

### Функциональность приложения

Соответствующая функциональность реализована в составе исследовательского прототипа информационной системы с веб-ориентированной MVC-архитектурой GEOMAGNET.

Одна из ключевых задач, решаемых системой, представлена в модуле «Геомагнитный калькулятор» – приложении специального типа, предназначенном для расчета параметров невозмущенного магнитного поля в заданной точке земного пространства [5-6].

Предложенный «Геомагнитный калькулятор» представляет собой веб-ориентированное ГИС-приложение, обеспечивающее расчет параметров невозмущенного геомагнитного поля на основании задаваемого пользователем набора пространственно-временных параметров (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Экранная форма сервиса «Геомагнитный калькулятор»

Для повышения эффективности геомагнитного калькулятора были добавлены следующие возможности:

- Карты, т.е. геоинформационные технологии. Параметры геомагнитного поля зависят от географических координат анализируемой точки земной поверхности. Указанные данные относятся к категории геопространственных и, как правило, для их обработки и анализа должны быть использованы сопутствующие геоинформационные технологии. При наличии в приложении интерактивной карты пользователь может просто выбрать анализируемую точку ее указанием непосредственно на карте.
- Расчет высоты над уровнем моря. Для повышения точности расчетов необходимо реальное значение высоты над уровнем моря для анализируемой пространственной точки. Лучшим решением здесь является автоматическое формирование значения на основе географических широты и долготы пространственной точки. Вместе с тем, такая подстановка величины не должна исключать возможности редактирования непосредственно пользователем для анализа изменения магнитного поля с вариацией высоты.
- Визуализация. Одним из наиболее эффективных подходов к визуализации параметров геомагнитного поля является набор линий уровня. Каждая изолиния представляет собой замкнутую кривую, вдоль которой значение параметра геомагнитного поля остается неизменным.
- Трехмерное представление. В этом случае геоинформационная система предоставляет больше информации, чем другие известные системы или технологии. Важность этой функциональности подчеркивается динамическими свойствами и многоуровневым масштабированием геопространственного изображения.

### **Выводы**

Результаты эксперимента показали, что применение предложенного алгоритма визуализации пространственно-временного распределения геомагнитных данных позволяет повысить вычислительную скорость процедуры рендеринга геопространственного изображения в веб-ориентированной среде в среднем на 18% по сравнению с существующими аналогами. В результате возможен анализ распределения параметров геомагнитного поля и определения таких областей, которые являются потенциально опасными в контексте наведения геоиндуцированных токов. При использовании существующих подходов допустима только локальная визуализация, что существенно усложняет процедуру принятия решений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-07-00011).*

### **Список литературы**

1. St-Louis B.J. INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 4 / B.J. St-Louis, 1999.
2. Воробьев А. В. Корреляционный анализ геомагнитных данных, синхронно регистрируемых магнитными обсерваториями INTERMAGNET / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Геомагнетизм и аэрономия. – 2018. – Т. 58, No 2. – С. 187–193.

3. Воробьев А. В. Подход к оценке относительной информационной эффективности магнитных обсерваторий сети INTERMAGNET / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Геомагнетизм и аэрномия. – 2018. – Т. 58, No 5. – С. 648–652.
4. Vorobeva G.R. Analytical information system for control and spectral analysis of geomagnetic field and space weather parameters / G.R.V orobeva, A.V. Vorobev // Russian Journal of Earth Sciences. – 2016. – Т. 16. No 4. – С. 1-10.
5. Vorobeva G.R. Web-based geoinformation system for exploring geomagnetic field, its variations and anomalies / G.R.Vorobeva, A.V. Vorobev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – Vol. 582. – С. 22-35.
6. Vorobev A. V. Web-oriented 2D/3Dvisualization of geomagnetic field and its variations parameters / A. V. Vorobev, G. R. Vorobeva // Scientific Visualization. – 2017. Vol. 9, Issue 2. – С. 94-101.

## References

1. St-Louis B.J. INTERMAGNET Technical Reference Manual, Version 4 / B.J. St. Louis, 1999.
  2. Vorobyov A. V. Correlation analysis of geomagnetic data, synchronously registered by INTERMAGNET magnetic observatories / A.V. Vorobyov, G.R. Vorobiev // Geomagnetism and aeronomy. - 2018. - Т. 58, No 2. - pp. 187–193.
  3. Vorobyov A.V. Approach to assessing the relative information efficiency of INTERMAGNET magnetic observatories / A.V. Vorobyov, G.R. Vorobiev // Geomagnetism and aeronomy. - 2018. - Т. 58, No 5. - pp. 648-652.
  4. Vorobeva G.R. Analytical information system for control and spectral analysis of geomagnetic field and space weather parameters / G.R.V orobeva, A.V. Vorobev // Russian Journal of Earth Sciences. - 2016. - Т. 16. No 4. - pp. 1-10.
  5. Vorobeva G.R. Web-based geoinformation system for exploring geomagnetic field, its variations and anomalies / G.R. Vorobeva, A.V. Vorobev // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2016. - Vol. 582. – pp. 22-35.
  6. Vorobev A. V. Web-oriented 2D/3Dvisualization of geomagnetic field and its variations parameters / A. V. Vorobev, G. R. Vorobeva // Scientific Visualization. – 2017. Vol. 9, Issue 2. - pp. 94-101.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004

## ВНЕДРЕНИЕ 4D МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРАКТИКУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Доронин В. Ю., <sup>2</sup>Матюшкин Д. Н.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4) e-mail: <sup>1</sup>9074470@mail.ru, <sup>2</sup>Matyskin1500@mail.ru

В последнее время развитие технологий происходит крайне быстро. Сфера строительства не стала исключением. Так, с недавних пор одной из важнейших частей строительного процесса стало информационное моделирование зданий, помогающее решать задачи различного уровня. Информационное моделирование зданий представляет собой интеллектуальный процесс, дающий понимание и инструменты для более эффективного планирования, проектирования, строительства и управления зданиями и инфраструктурой специалистам в области архитектуры, проектирования и строительства.

Ключевые слова: технологии, BIM, 4D, визуализация, моделирование

## INTRODUCTION OF 4D MODELING INTO PRACTICE ACTIVITIES OF A CONSTRUCTION ORGANIZATION

<sup>1</sup> Doronin V. U., <sup>2</sup> Matiushkin D. N.

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Russia (190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4.), e-mail: <sup>1</sup>9074470@mail.ru, <sup>2</sup>Matyskin1500@mail.ru

Recently, the development of technology has been extremely fast. The construction industry was no exception. So, recently, information modeling of buildings has become one of the most important parts of the construction process, helping to solve problems of various levels. Building information modeling is an intelligent process that provides understanding and tools for more efficient planning, design, construction and management of buildings and infrastructure to specialists in the field of architecture, design and construction.

Keywords: technologies, BIM, 4D, visualization, modeling

Программное обеспечение для разработки проектной документации строительства не стоит на месте, так же, как и технический прогресс. Значительно упростили жизнь архитекторам и инженерам-проектировщикам такие программные продукты, как AutoCAD (первая версия системы была выпущена в 1982 году) и ArchiCAD (первая версия программы ArchiCAD была создана в 1984 году под названием Radar CH). С их появлением стал возможным перевод чертежей в электронный формат.

Предложенное в 1975 году века американским архитектором Чак Истман понятие «информационная модель» к концу 80-х получило развитие в Европе и США. Современный термин «Building information modeling» – результат соединения английского (Product

Information Model) и американского (Building Product Model) вариантов. Он появился в научной работе Роберта Эйша в 1986 году, где были сформулированы основные принципы нового подхода. Основная идея ученого заключалась в том, чтобы автоматизировать процесс создания строительных макетов. Вся необходимая информация, включая сметы, базы данных, временные расчеты, соединилась воедино в одной компьютерной 3D модели. Эйш наглядно продемонстрировал практическую ценность своей теории, используя ее при восстановлении аэропорта Хитроу в Лондоне. Это была первая попытка внедрения системы BIM моделирования зданий в мировую архитектурно-строительную деятельность. С 2002 года она начала активно использоваться специалистами всех стран.

BIM моделирование сегодня — это подход к возведению, оснащению, эксплуатации и ремонту (а также сносу) здания (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект.

Концепция BIM уже давно заняла прочные позиции в строительном проектировании, в тоже время развитие 4D моделирование осторожно распространяется в отрасли.

Для полноценного развития строительной организации внедрение 4D моделирования — это необратимый процесс. Переход на использование новых программных продуктов всегда осложнён приверженностью некоторых специалистов к старым методикам. Человеку комфортнее делать так как он знает, чертить от руки, или в AutoCAD, если привык уже к нему, делать опираясь на опыт, а не на новые технологии. Человеку или компании, надо показать выгоду в переходе на другой вид работы, как минимум на сравнительных схемах и конкретных примерах как максимум в денежной выгоде при прохождении всех этапов строительства с помощью цифровой модели.

Визуализация всего процесса строительства в режиме реального времени – это возможность увидеть весь процесс строительства практически «вживую», что во многом упрощает понимание происходящих событий. В следствии этого, в большинстве случаев это отражается и на простоте принятия решений, в том числе и при решении логистических задач. Другими словами, визуализация помогает восприятию и пониманию всего процесса. Так же как переход от CAD к BIM открыл множество дополнительных возможностей, так и внедрение 4D-моделей для строительной организации существенно расширит возможности 3D-моделей, обеспечивая дополнительные преимущества перед конкурентами.

В настоящее время уже никого не удивляет применение специализированного программного обеспечения и информационно-коммуникационных технологий для управления сроками крупных и технически сложных строительных проектов. Современное программное обеспечение широко используется для планирования и контроля сроков работ и при строительстве жилой, коммерческой и промышленной недвижимости [1].

Резюмируя, уместно будет предположить, что 4D моделирование – это логичный этап в сфере строительства. И чем быстрее человек/компания освоют эти навыки, тем скорее будет проходить их развитие в профессиональной среде.

В 4D-модели, помимо графической информации, также вводится информация о времени. 4D моделирование требует привязки плана строительства к 3D модели, что дает возможность

путем моделирования процесса строительства визуализировать то, как здание и строительная площадка будут выглядеть в любой момент времени. 4D модели можно рассматривать как виртуальную симуляцию процесса строительства от его начала до конца с указанием информации о местоположениях, ресурсах и ходе работ. Для 4D моделирования уже разработаны нормативные документы, например, СП 333.1325800.2020 вступивший в действие в 2021 году [2].

Рассмотрим ряд преимуществ использования 4D-моделирования:

1. Контроль графиков и отслеживание хода строительства: руководители проектов могут легко сравнивать различные графики и быстро определять, идет ли проект в срок или отстает от графика;
2. Улучшение коммуникации: 4D модель может использоваться как эффективный инструмент связи между различными заинтересованными сторонами проекта. Планировщики могут визуально сообщить о планируемом процессе строительства всем заинтересованным сторонам проекта;
3. Определение объема материалов: 3D моделирование позволяет планировщику измерять количества более точно и эффективно, что обеспечивает более эффективный процесс планирования. Модель 4D также позволяет планировщику определять количество материала, необходимого в любое конкретное время проекта, что приводит к более точному планированию;
4. Поиск возможных коллизий: используя 4D модель, можно анализировать всю последовательность строительных работ, а также искать возможные пространственные и пространственно-временные коллизии в проектных решениях и в ходе строительства. Использование 4D моделей помогает заранее проанализировать и предотвратить многие проблемы, даже до начала производства работ.

Четырехмерное моделирование имеет немало способов применения:

- Управление субподрядчиками и координация проекта: в 4D-моделях можно распределить задания и привязанные к ним конструкции между участниками проекта для улучшения управления субподрядчиками.
- Планирование проекта: 4D моделирование используется для отображения последовательности строительных работ на этапе планирования и в течение всего периода строительства.

В результате использования снижается вероятность ошибок, которые несут за собой финансовые потери, временные задержки и другие проблемы;

- Логистика на строительной площадке: 4D моделирование, благодаря визуализации строительной площадки, позволяет более эффективно управлять складскими помещениями, их доступностью и так далее.
- Управление охраной труда и техникой безопасности: 4D симуляции могут быть сфокусированы на процедурах безопасности. Эти симуляции могут определить методологию, временные элементы безопасности и выделить проблемные области в рамках проекта.

Главными недостатками четырехмерного моделирования является недостаточный уровень программного обеспечения, нежелание фирм переходить на новые технологии, что порождает нехватку специалистов. Также 4D модели не могут сами вносить изменения или

автоматически оптимизировать план проекта, поэтому при реализации всех преимуществ данной модели все еще существует потребность во взаимодействии программы с человеком.

Таким образом, при правильном использовании, BIM способствует улучшению процесса проектирования и строительства, что приводит к повышению качества здания при меньших затратах и сокращении продолжительности проекта. Корректно подготовленная 4D-модель позволяет инвесторам своевременно оценивать риски реализации проекта и влияния на ход строительства, строителям – оптимизировать и контролировать производственные процессы, а также визуализировать график производства работ и решать проблемы эффективности строительства объектов [3].

Конечно, 4D-модель имеет недостатки, но они не являются критическими и, учитывая то, что данная технология обладает довольно большим количеством достоинств, можно предположить, что все они с течением времени будут решены.

### Список литературы

1. Бовтеев С.В., Колесников С.В., Шерстобитова П.А. Календарно-сетевое планирование строительства на основе 4D-моделей // Управление проектами и программами. — 2020. — №4. — С.276–284.
2. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. М., 2020. 219 с.
3. Нечипорук Я., Башкова Р. Краткий обзор 4D моделирования в строительстве // Архитектура. Строительство. Образование. 2020. №1(15). С. 35-41.

### References

1. Bovteev S.V., Kolesnikov S.V., Sherstobitova P.A. Calendar-network planning of construction based on 4D-models // Management of projects and programs. — 2020. — No4. — pp.276–284.
  2. SP 333.1325800.2020. Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle. M., 2020. 219 p.
  3. Nechiporuk Ya., Bashkova R. Brief review of 4D modeling in construction // Architecture. Construction. Education. 2020. No. 1(15). pp. 35-41.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 КВ

<sup>1</sup>Липкович И.Э., <sup>2</sup>Егорова И.В., Лобачёва Е.А.

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская ул., 21.), e-mail:*

*<sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru, <sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru*

---

**В статье рассмотрен монтаж кабельных линий, который представляет собой многооперационный процесс, требующий от персонала высокой квалификации и соблюдения производственной дисциплины, а от инженерно-технических работников осуществления жесткого контроля.**

---

Ключевые слова: безопасность; монтаж; кабельные линии; контроль.

## ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY AT INSTALLATION OF CABLE LINES WITH VOLTAGE UP TO 10 KV

<sup>1</sup>Lipkovich I.E., <sup>2</sup>Egorova I.V., Lobacheva E.A.

*Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, ul. Sovetskaya St., 21.), e-mail: <sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru,*

*<sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru*

---

**The article considers the installation of cable lines, which is a multi-operational process that requires highly qualified personnel and compliance with production discipline, and strict control from engineering and technical workers.**

---

Keywords: safety; installation; cable lines, control.

Согласно СП 76.13330.2016 безаварийная и надежная работа кабельных линий является основой для бесперебойного электроснабжения потребителей электрической энергии [1, 2].

Основа надежного электроснабжения потребителей электроэнергией – это безаварийность и надежность кабельных линий. Бесперебойное электроснабжение потребителей городских сетей и промышленных предприятий зависит от заложенных в проекте новых прогрессивных технологических решений и необходимых марок кабелей, от качественной прокладки кабелей с применением современных средств механизации тщательного монтажа кабельной арматуры, строгого выполнения всех требований при эксплуатации кабельных линий.

Области применения силовых кабелей в зависимости от степени воздействия на них агрессивной и взрыво- или пожароопасной окружающей среды, растягивающих механических

усилий, а также способа прокладки кабельной сети определены «Едиными техническими указаниями по выбору и применению электрических кабелей». В них предусмотрено широкое использование кабелей в алюминиевой или пластмассовой оболочке взамен кабелей в свинцовой оболочке. При этом имеется в виду, что выбор кабелей определяется требованиями ПУЭ и что кабели всех марок могут применяться для питания потребителей всех категорий по степени надежности электроснабжения потребителей.

При невозможности использования кабелей с алюминиевой защитной оболочкой в особых случаях применяют кабели в свинцовой оболочке [2].

Трассу кабельной линии выбирают с учетом наименьшего расхода кабеля и обеспечения его сохранности от повреждений, коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении короткого замыкания на одном из кабелей. При этом следует избегать перекрещиваний их, например, между собой и с трубопроводами и выполнять так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений. Для этого кабели укладывают с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены. Укладывать запас кабеля в виде колец не допускается.

Кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и другим местам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов как у соединительных, так и стопорных муфт, а проложенные вертикально по конструкциям и стенам закрепляют с таким расчетом, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственной массы кабеля.

По конструкциям небронированные кабели кладут таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей предохраняют от механических и коррозионных повреждений с помощью эластичных прокладок.

На трассе кабельной линии, проложенной в незастроенной местности, устанавливают опознавательные знаки. При этом линии, проложенные по пахотным землям, обозначают знаками, устанавливаемыми не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления трассы. При большем количестве кабелей их следует прокладывать в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам и в галереях [1, 3].

Прокладку кабелей в туннелях, по эстакадам и в галереях выполняют при количестве силовых кабелей, идущих в одном направлении, более 20. В условиях большой стесненности, в местах пересечения с железнодорожными путями и проездами, при вероятности разлива металла кабели прокладывают в блоках.

Внутри зданий кабельные линии прокладывают непосредственно по конструкциям зданий (как открыто, так и в лотках, коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах, проложенных в полах и перекрытиях, а также по фундаментам машин, в шахтах, кабельных этажах и двойных полах [2].

На кабельных линиях, выполняемых кабелями с нормально пропитанной бумажной изоляцией и кабелями, пропитанными нестекающей массой, кабели соединяют с помощью

стопорно-переходных муфт, если уровень прокладки кабелей с нормально пропитанной изоляцией выше уровня прокладки кабелей, пропитанных нестекающей массой.

На линиях напряжением свыше 1000 В, выполняемых гибкими кабелями с резиновой изоляцией в резиновом шланге, соединения оболочек выполняют горячим вулканизированием с покрытием противосырым лаком.

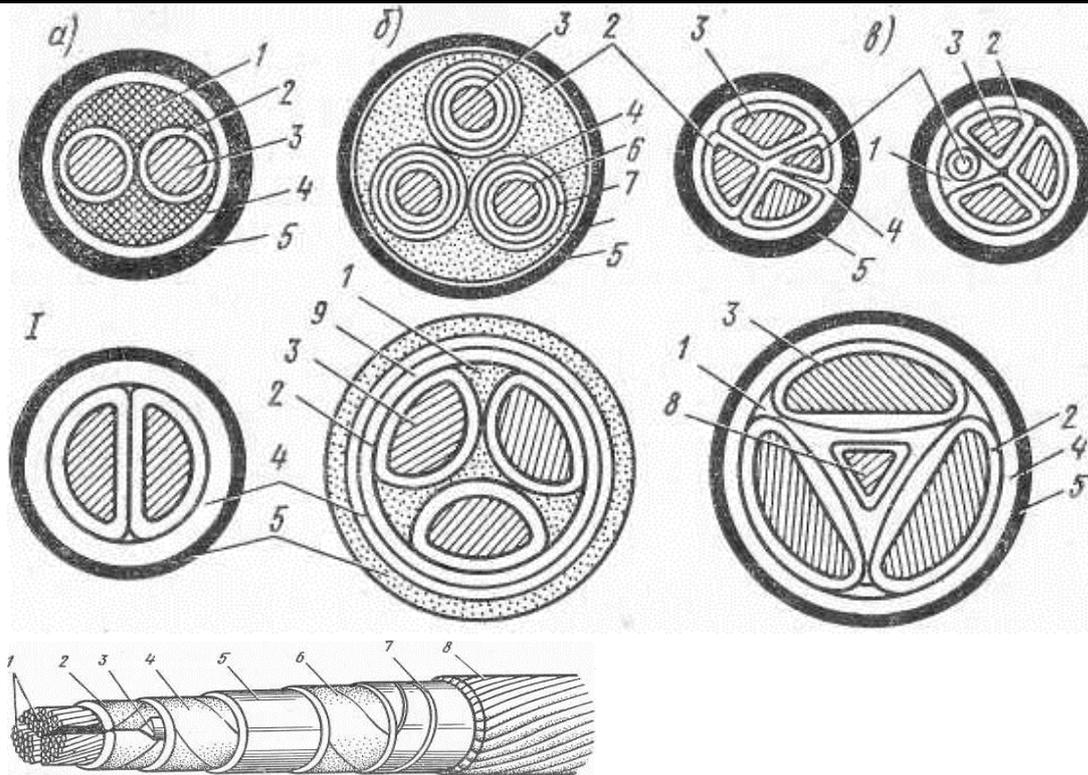
Число соединительных муфт на 1 км вновь строящихся кабельных линий должно быть, не более: для трехжильных кабелей 1 – 10 кВ сечением до  $3 \times 95 \text{ мм}^2$  – 4 шт.; для трехжильных кабелей 1 – 10 кВ сечением  $3 \times 120$  –  $3 \times 240 \text{ мм}^2$  – 5 шт [1, 2, 4].

Кабельные линии с металлическими оболочками или броней, а также кабельные конструкции, на которых прокладывают кабельные линии, заземляют или зануляют в соответствии с требованиями, приведенными в ПУЭ. При заземлении или занулении металлических оболочек силовых кабелей оболочку или броню соединяют гибким медным проводом между собой и с корпусами муфт (концевых, соединительных и др.).

Применять заземляющие или нулевые защитные проводники с проводимостью, большей, чем проводимость оболочек кабелей, не требуется, но сечение во всех случаях должно быть не менее  $6 \text{ мм}^2$ . Если на опоре конструкции установлены наружная концевая муфта и комплект разрядников, то броню, металлическую оболочку и муфту присоединяют к заземляющему устройству разрядников. Использование в качестве заземляющего устройства только металлических оболочек кабелей в этом случае не допускается [3, 4].

#### **Элементы конструкции силового кабеля и их назначение.**

Силовые кабели предназначены для передачи по ним электрической энергии, используемой для питания электроустановок. Они имеют одну или несколько изолированных жил в металлической или неметаллической оболочке, поверх которой в зависимости от условий прокладки или эксплуатации может накладываться защитный покров и в необходимых случаях броня. Они состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию силовых кабелей могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (Рисунок 1) [5].



*I – сечение силовых кабелей: а – двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами; б – трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками; в – четырехжильные кабели с нулевой жилой, круглой, секторной и треугольной формы;*

*1 – наполнитель; 2 – изоляция жилы; 3 – токопроводящая жила; 4 – оболочка; 5 – наружный защитный покров; 6 – экран на токопроводящей жиле; 7 – бронепокров; 8 – нулевая жила; 9 – поясная изоляция;*

*II – силовой трехжильный кабель марки ААБ: 1 – токопроводящие жилы; 2, 4 – фазовая и поясная изоляция; 3 – наполнители; 5 – оболочка; 6 – защитный покров оболочки (подушка); 7 – броня из стальных лент; 8 – наружный защитный покров*

Рисунок 1– Конструкция силового кабеля

Токопроводящие жилы бывают основными и нулевыми. *Основные жилы* предназначены для передачи по ним электрической энергии. *Нулевые жилы*, предназначены для прохождения разности токов фаз (полюсов) при неравномерной их нагрузке. Они присоединяются к нейтрали источника тока.

Жилы защитного заземления являются вспомогательными жилами кабеля и предназначены для соединения не находящихся под рабочим напряжением металлических частей электроустановки, к которой подключен кабель с контуром защитного заземления источника тока.

Изоляция предназначена для обеспечения необходимой электрической прочности токопроводящих жил кабеля относительно друг друга и заземленной оболочки (земли). Экраны служат для защиты внешних цепей от влияния электромагнитных полей, создаваемых токами, проходящими по кабелю, и для обеспечения симметрии электрического поля вокруг жил кабеля. Заполнители используют для устранения свободных промежутков между конструктивными элементами кабеля с целью герметизации, придания необходимой формы и механической

устойчивости его конструкции. Оболочки защищают внутренние элементы кабеля от увлажнения и других внешних воздействий. Защитные покровы служат для защиты оболочки кабеля от внешних воздействий. В зависимости от конструкции кабеля в защитные покровы входят: подушка, бронепокров и наружный покров [2, 4, 5].

Различным конструкциям кабелей присвоены условные буквенные обозначения – марки. Например, АВВГ – кабель с алюминиевой токопроводящей жилой в поливинилхлоридной оболочке, с такой же изоляцией жил без наружного покрова оболочки; АПВВГ – кабель с алюминиевой токопроводящей жилой, в полиэтиленовой Оболочке, с поливинилхлоридной изоляцией жил, с бронированным покровом из плоских лент, без наружного покрова у брони и т. д [6].

### **Хранение и подготовка кабелей для прокладки. Хранение кабелей.**

Барабаны с кабелем хранят под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе. Кабели с пластмассовой изоляцией без наружного покрова оберегают от непосредственного воздействия солнечных лучей. Не следует хранить барабаны с кабелем плашмя и в атмосфере с агрессивной средой.

На барабане обозначают марку кабеля, число жил, сечение в квадратных миллиметрах, напряжение в киловольтах, длину в метрах, массу в тоннах, заводской номер барабана, дату изготовления, номер стандарта и завод-изготовитель. Кроме того, на барабане имеется стрелка, указывающая направление, по которому следует перекачивать барабан с кабелем. Конец наружного витка кабеля прикреплен к барабану с внутренней стороны; конец внутреннего витка выведен на наружную часть барабана и заделан деревянным ящиком или металлической коробкой. Оба конца кабеля имеют герметические заделки.

Барабаны с кабелем грузят на транспортные средства и их. сгружают с помощью кранов или автопогрузчиков, а при отсутствии кранов – лебедкой по надежным деревянным покаткам (брусам). Барабан с кабелем вручную или тросом с помощью лебедки в зоне монтажа перемещают только на короткие расстояния, по ровным поверхностям, при условии полной исправности обшивки барабана и если наружный виток кабеля отстоит от края щеки не менее чем на 100 мм.

Кабели с пластмассовой изоляцией как оголенные, так и бронированные при температуре ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  не перевозят; при температуре от  $-10$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  разгружают и перевозят осторожно, избегая ударов. При низких отрицательных температурах изоляция и оболочки этих кабелей становятся хрупкими и легко повреждаются [1, 3, 6].

Трассу кабельной линии выбирают так, чтобы расход кабеля был наименьшим. При этом учитывают возможности по защите его от механических повреждений, коррозии (при выборе трассы следует избегать участков с агрессивными грунтами относительно металлических оболочек кабелей), вибрации, от повреждений электрической дугой соседних кабелей в случае короткого замыкания, от перегрева при непосредственном воздействии солнечных лучей и различных тепловых источников. Необходимо избегать перекрещиваний кабелей друг с другом, а также с различными трубопроводами, строго выдерживая допустимые расстояния до сооружений.

Для того чтобы не возникали опасные механические напряжения в кабелях при монтаже

и эксплуатации, их прокладывают «змейкой», как правило, с запасом по длине 1%. Такой запас достаточен для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены (например, ферм металлических эстакад). При прокладке по вертикальным и наклонным участкам трассы кабелей с бумажной нормально пропитанной изоляцией ограничивают разность уровней между высшей и низшей их точками для того, чтобы предотвратить стекание пропитывающего состава. Кабели в свинцовой оболочке прокладывают с максимальной разностью уровней 25 м при напряжении 1–3 кВ и 15 м при напряжении 6–10 кВ, а кабели в алюминиевой оболочке с разностью уровней 25 м при напряжении 1–3 кВ, с разностью 20 м при напряжении 6 кВ и с разностью 15 м при напряжении 10 кВ [4, 5].

Если указанную разность уровней выдержать нельзя, кабельные линии секционируют, устанавливая стопорные или эпоксидные соединительные муфты. Кабель с обедненной бумажной изоляцией прокладывают с разностью уровней до 100 м (при наличии общей оболочки для всех жил) и 300 м, если каждая жила заключена в отдельную оболочку.

Для кабелей с бумажной нестекающей пропиткой, с резиновой или с пластмассовой изоляцией разность уровней не ограничивают.

Трассу каждой подземной или подводной кабельной линии наносят на план с указанием ее координат относительно существующих фундаментальных ориентиров или специально установленных знаков, указывающих местонахождение кабельных муфт.

При проходе через наружные и внутренние стены, перегородки, междуэтажные перекрытия, площадки лестничных клеток кабели прокладывают в металлических, асбоцементных и других трубах, внутренний диаметр которых должен быть не менее полутора наружного диаметра кабеля, или через проемы, устроенные в стенах или перекрытиях. При проходах кабелей через сгораемые стены или перекрытия труба должна выступать на 100 мм по обе стороны стены. Кабель можно также заделать бетоном низких марок и шлаковатой в центре трубы, диаметр которой не менее 100 мм. При этом длина выступающих частей по обе стороны стены не лимитируется. Проход через проем в сгораемых стенах и перекрытиях делают размером не менее 150 x 150 мм с таким расчетом, чтобы расстояние между кабелями и сгораемым материалом было не менее 50 мм. Крепление для подвески кабеля при этом предварительно обматывают смоляной лентой [6].

### **Прокладка кабеля в траншеях.**

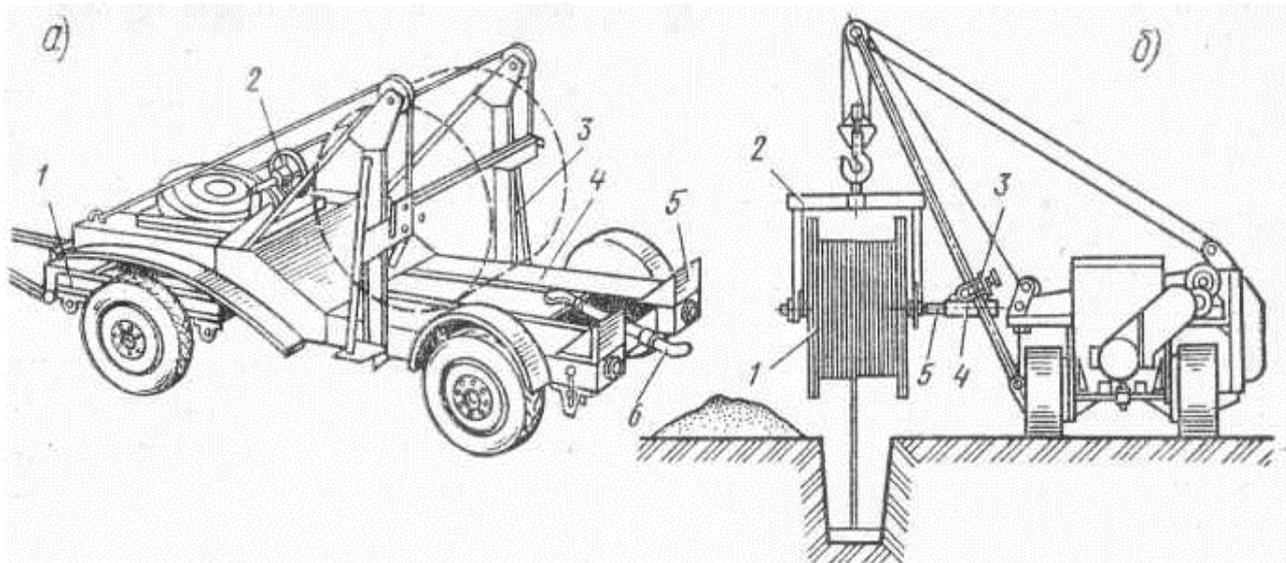
До начала земляных работ по рытью траншеи монтажная организация вместе с представителями эксплуатирующей и строительной организаций обследуют запроектированную для прокладки кабельной линии трассу. При необходимости в проект и смету прокладки кабельной линии проектная организация по согласованию с представителями заказчика вносит необходимые изменения.

Осевую линию траншеи и исходные точки для разбивки наносят на трассе согласно привязкам и ориентирам, указанным в плане. Ширина траншеи определяется количеством и типом прокладываемых кабельных линий, допустимыми расстояниями между ними, а также техническими данными применяемого землеройного механизма. При рытье траншеи в слабых неустойчивых грунтах для предупреждения смещения грунтов, образования каверн и присадок ставят крепления. В земле прокладывают бронированные и специальные кабели с

пластмассовой оболочкой, например кабель марки ААШв. Траншеи роют по возможности прямолинейными. На всех поворотах, пересечениях и других местах трассы размеры траншеи по глубине и ширине делают такими, чтобы можно было проложить кабель с допустимым радиусом закругления и выдержать необходимые расстояния между прокладываемым кабелем и другими сооружениями в местах сближения и пересечения. Дно траншеи выравнивают, удаляют воду, очищают от мусора и подсыпают землю (слоем не менее 100 мм), не содержащую камней, строительного мусора и шлака [1, 3, 6].

В готовой траншее кабель прокладывают, раскатывая его с барабана, установленного на кабельном транспортере, автомобиле или трубоукладчике (Рисунок 2), которые перемещаются вдоль траншеи. При этом принимают сматываемый кабель и укладывают его на дно. На трассах с большим количеством пересечений с инженерными сооружениями кабель раскатывают лебедкой по роликам, а барабаны с кабелем устанавливают на раскаточные домкраты в конце трассы. На другом конце трассы устанавливают лебедку, а вдоль трассы – раскаточные ролики.

Сразу после прокладки кабель засыпают слоем мелкой земли (100 мм), утрамбовывают, потом укладывают красный кирпич или железобетонные плитки толщиной 50 мм и траншею засыпают. Кабели, расположенные на глубине 1 – 1,2 м, можно не защищать от механических повреждений, а для кабелей напряжением до 1000 В защиту устраивают только в местах вероятных механических повреждений. При параллельной прокладке в одной траншее нескольких кабелей расстояние между ними (в свету) должно быть не менее 100 мм. Там, где не представляется возможным устраивать переходы через дороги и другие инженерные сооружения в открытых траншеях, переходы выполняют с помощью горизонтального прокола или бурения грунта винтовыми или гидравлическими домкратами различных конструкций, устанавливаемыми в котлованах в начальной точке прокола или бурения грунта [4, 7].



*а – кабельный транспортер: 1 – передняя тележка; 2 – ручной тормоз;  
3 – стойка; 4 – платформа; 5 – откидной трап; 6 – консоль;  
б – трубоукладчик: 1 – барабан с кабелем; 2 – такелажная траверса; 3 – зажим;  
4 – втулка-удлинитель; 5 – ось траверсы*

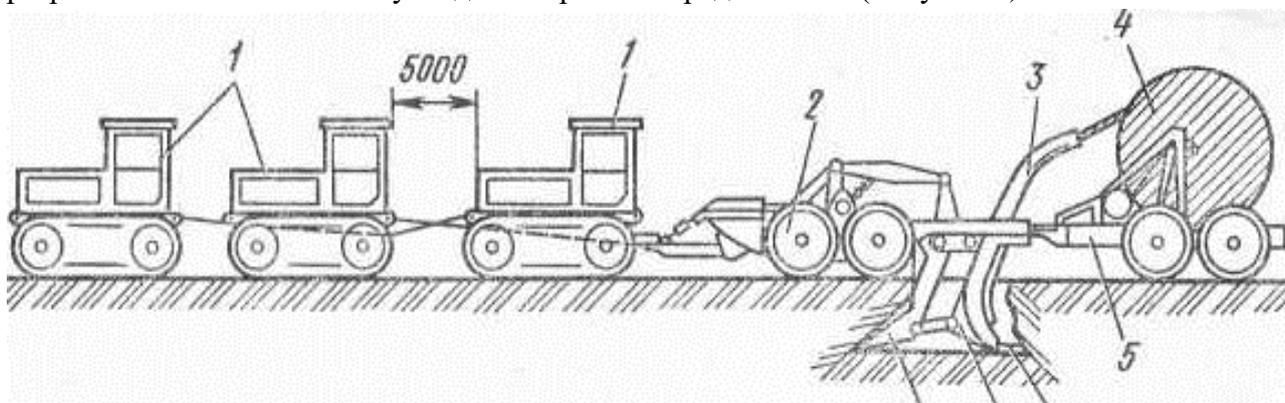
Рисунок 2 – Механизмы для укладки кабеля в траншеи

Для ввода кабеля, выходящего из траншеи в здание, в стене заранее закладывают отрезки стальных или чугунных труб, размещенных на расстоянии друг от друга (в свету) при горизонтальном расположении не менее 100 мм и при вертикальном не менее 250 мм. Трубы берут с внутренним диаметром, равным 1,5–2 наружным диаметрам кабеля. При таком диаметре труб кабель легко протягивается, и в случае необходимости его легко сменить. Кабель вводят в здание с запасом по длине 1,5–2 м на случай, если потребуется замена концевых муфт. Чтобы в здание по трубам не проникала вода, в местах ввода кабеля выкапывают небольшой котлован – «прямок» и с наружной стороны накладывают гидроизоляцию [2, 4, 6].

### **Бестраншейная прокладка кабеля в земле.**

Бестраншейную прокладку силового бронированного кабеля в свинцовой или алюминиевой оболочке до 10 кВ производят со специальных самоходных или передвигаемых тяговыми механизмами кабелеукладчиков. Она применяется на участках кабельных трасс, удаленных от подземных инженерных сооружений [3].

Работа кабелеукладчика основана на принципе расклинивания грунта и образования в нем щели шириной 100 мм и глубиной до 1,2 м от уровня поверхности земли. В образовавшуюся щель по мере продвижения кабелеукладчика через прикрепленную к ножу кассету укладывают кабель, сматываемый с барабана, установленного на кабелеукладчике или на кабельном транспортере. При этом устройство «постели», присыпка кабеля землей и механическая защита кабеля не требуются. Засыпка кабеля производится грунтом, разрываемым ножом кабелеукладчика при его передвижении (Рисунок 3).



1 – трактор; 2 – кабелеукладчик; 3 – входной лоток кассеты;  
4 – барабан с кабелем; 5 – кабельный транспортер; 6 – кабель;  
7 – кассета для кабеля; 8 – нож

Рисунок 3 – Бестраншейная прокладка кабеля

При прокладке кабеля мерной планкой заглубление его в грунт контролируют через каждые 20–50 м. Если глубина заложения кабеля недостаточна, то прокладку приостанавливают и продолжают только после устранения причин, вызвавших отклонение от нормы. Отклонение глубины заложения кабеля от проектной допускается в пределах 50 мм.

При прокладке учитывают строительную длину кабелей на барабанах, чтобы соединительные муфты находились в местах, удобных для монтажа и эксплуатации, и не

оказались в заболоченных местах, оврагах и т. п. Перед окончанием размотки кабеля с одного барабана конец его внахлест скрепляется с концом кабеля другого барабана [4. 6].

### **Прокладка кабелей внутри зданий.**

Внутри помещений прокладывают только бронированные кабели без наружного горючего покрова и небронированные кабели с негорючей оболочкой. В помещениях с агрессивной средой применяют кабели в оболочках, стойких к воздействию этой среды. Кабели внутри зданий, в том числе и в производственных помещениях, прокладывают непосредственно по стенам, потолкам, балкам, фермам и другим строительным конструкциям или по предварительно установленным на опорных поверхностях кабельным конструкциям или лоткам. Во всех случаях кабели должны быть доступны для осмотра и ремонта при эксплуатации [7].

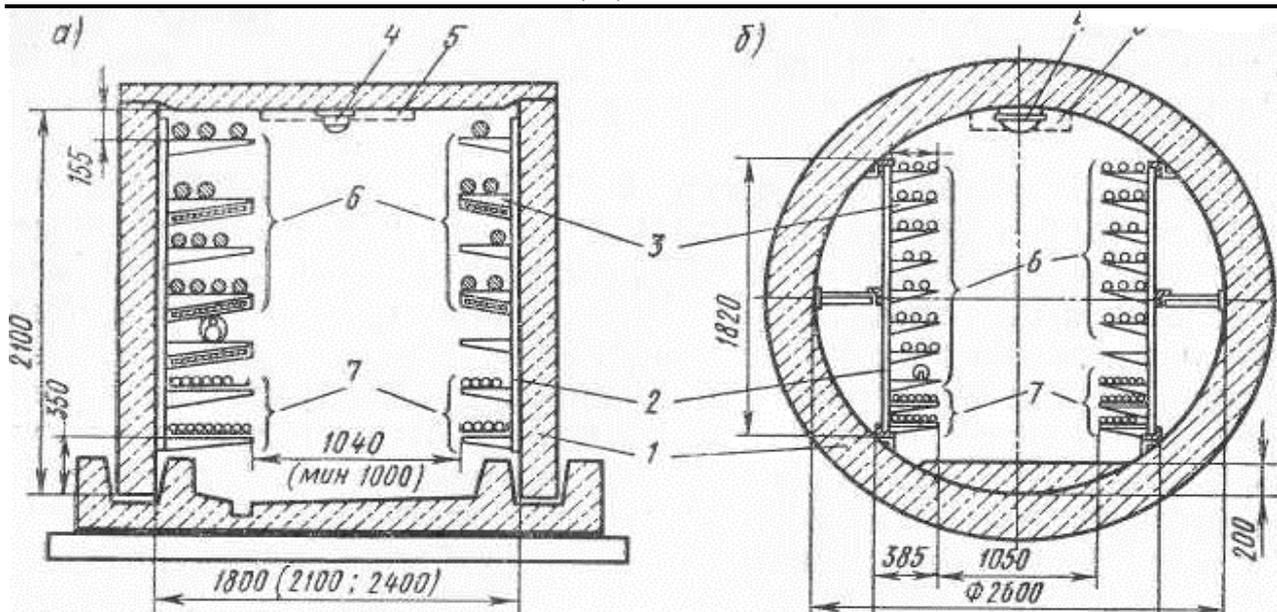
В сетях напряжением до 1000 В применяют прокладку кабеля на тросах как внутри помещений, так и снаружи. В помещениях тросы крепят к колоннам вдоль или поперек здания, а также между стенами. Вне помещений трос обычно натягивают между стенами зданий. В качестве несущего троса применяют стальные канаты, горячекатаную круглую сталь. Расстояние между анкерными креплениями несущего троса принимают не более 100 м, а между промежуточными креплениями от 12 до 30 м в зависимости от количества и сечения жил подвешиваемых кабелей. Расстояние между креплениями кабеля к несущему тросу устанавливают 0,8–1 м.

Раскатку, подъем и укладку кабелей в подвешенные к тросу кабельные конструкции выполняют с применением механизмов и приспособлений.

### **Прокладка кабеля в туннелях.**

Для прокладки кабеля используют туннели круглого сечения с внутренним диаметром 2,6 м и туннели прямоугольного сечения иногда сдвоенного типа (Рисунок 4). Для прокладки в туннелях применяют кабели с негорючими оболочками и защитными покровами [2, 3].

Контрольные кабели размещают только над или только под силовыми кабелями и отделяют их горизонтальной перегородкой. Допускается прокладывать контрольные кабели рядом с силовыми кабелями с напряжением до 1000 В.



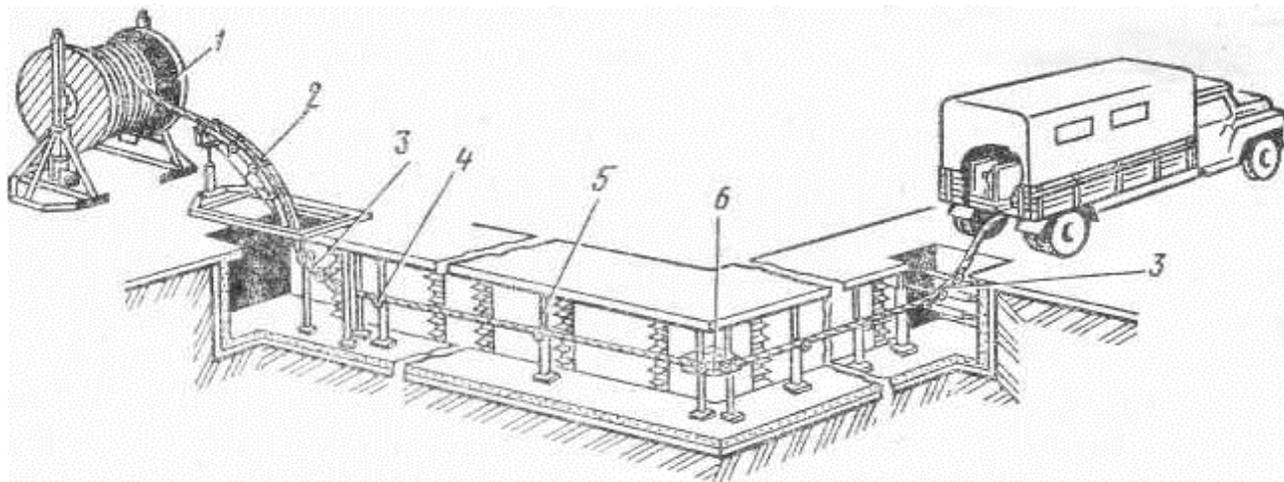
*а – туннель прямоугольного сечения; б – туннель круглого сечения;  
1 – блок туннеля; 2 – стойка; 3 – полка; 4 – светильник; 5 – зона  
пожароизвещателей и трубопроводов механизированной уборки;  
6 – силовые кабели; 7 – контрольные кабели*

Рисунок 4 – Раскладка кабеля

Силовые кабели напряжением до 1000 В прокладывают над кабелями напряжением свыше 1000 В и отделяют их горизонтальной несгораемой перегородкой. Различные группы кабелей, а именно: рабочие и резервные напряжением свыше 1000 В, прокладывают на разных горизонтальных уровнях с отделением их перегородками.

Если кабель подлежит частичной прокладке в туннеле и частичной – в земле, то в таких случаях применяют кабель с наружным покровом. Сгораемый покров удаляется только на участке трассы внутри туннеля до места выхода из него, заподлицо с заделкой трубы или проема. Применение в кабельных туннелях небронированных кабелей с полиэтиленовой оболочкой по условиям пожарной безопасности запрещается.

Количество кабелей, укладываемых на полках и лотках, определяется их типом и размером, а также диаметром и массой укладываемых кабелей. Прокладку кабелей в туннелях выполняют механизированным способом с применением тех или иных механизмов и приспособлений (Рисунок 5). В ряде случаев в качестве тянущего устройства применяют специальный электропривод [1, 6, 7].



1 – барабан; 2 – верхнее обводное устройство; 3 – нижнее обводное устройство; 4 – линейный ролик; 5 – распорная стойка; 6 – угловой ролик

Рисунок 5 – Прокладка кабеля в туннеле тяжением

Для раскатки кабеля на прямых участках трассы устанавливают линейные ролики на расстоянии от 3 до 7 м друг от друга в зависимости от массы кабеля и условий прокладки, а на поворотах трассы – угловые ролики. Линейные и угловые ролики закрепляют так, чтобы при протяжке кабеля они не смещались. Ролики должны быть такой конструкции, которая позволяет легко снять раскатанный кабель и переложить его на отведенное место в траншее без демонтажа самого ролика. Радиус кривой угловых роликов должен быть не меньше радиуса изгиба, допустимого для прокладываемого кабеля [2, 4].

Канат лебедки разматывают по роликам вдоль траншеи и закрепляют к нему конец раскатываемого кабеля. Канат крепят к кабелям напряжением до 35 кВ за жилы или проволочным чулком. При креплении к жилам торец оболочки кабеля подбивают вокруг жилы и обматывают их смоляной лентой для предотвращения попадания влаги.

Усилия тяжения кабеля напряжением 10 кВ и выше рекомендуется контролировать с помощью динамометра или другого контрольного устройства, устанавливаемого на лебедке. Когда усилие тяжения достигает установленного предельного значения, контрольное устройство должно автоматически отцепить кабель от лебедки.

Необходимые усилия тяжения кабеля, допустимые усилия тяжения, а также диаметр стального каната приводятся в специальной нормативной литературе. В общем случае при тяжении кабеля на прямых участках по роликам, когда не исключено скольжение кабеля по земле между роликами, усилие  $P=0,35 q$ , где  $q$  – масса прокладываемого кабеля [5, 7].

### **Прокладка кабелей в блоках.**

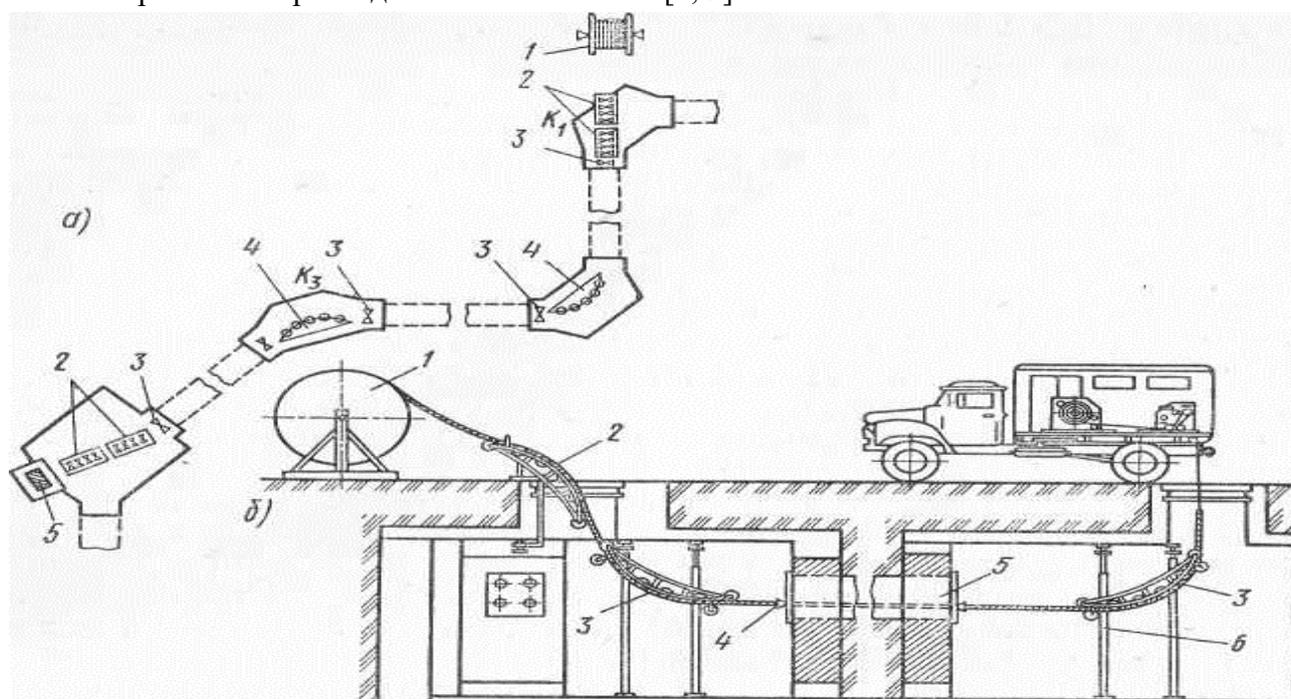
Для сооружения блоков применяют двух- и трехканальные железобетонные панели, предназначенные для прокладки в сухих, влажных и насыщенных водой грунтах; асбоцементные трубы для защиты кабелей от блуждающих токов; керамические трубы для защиты кабелей в агрессивных и насыщенных водой грунтах.

В местах изменения направления трассы или глубины заложения блоков, а также на прямолинейных участках большой длины делают кабельные колодцы. Расстояния между

соседними колодцами принимают максимальными с учетом строительных длин кабелей, усилий тяжения и условий прокладки. Габариты кабельных колодцев обеспечивают нормальные условия протяжки кабелей с максимальным сечением  $3 \times 240 \text{ мм}^2$  с радиусом изгиба кабеля  $R=25 d$  [1, 6, 8].

Для прокладки в блочной канализации применяют кабели с незащищенной свинцовой оболочкой марки СГ и АСГ, а также кабели с незащищенной пластмассовой оболочкой марок ВВГ, АПВГ, АВВГ, АПсВГ и АПвВГ. На участках блоков длиной до 50 м допускается прокладка бронированных кабелей в свинцовой или алюминиевой оболочке без наружного покрова из кабельной пряжи с покраской брони для защиты от коррозии битумным лаком.

На Рисунке 6 показаны схема расстановки механизмов и приспособлений для механизированной прокладки и ее выполнение [2, 9].



*а – схема расстановки механизмов и приспособлений для прокладки кабелей в блоках:*

*1 – барабан с кабелем; 2 – угловые ролики во входном и выходном колодцах;*

*3 – линейные ролики; 4 – угловые ролики в промежуточных колодцах; 5 – тяговая лебедка;*

*К<sub>1</sub>– К<sub>3</sub>– колодцы блочной канализации; б – схема выполнения прокладки: 1 – барабан с*

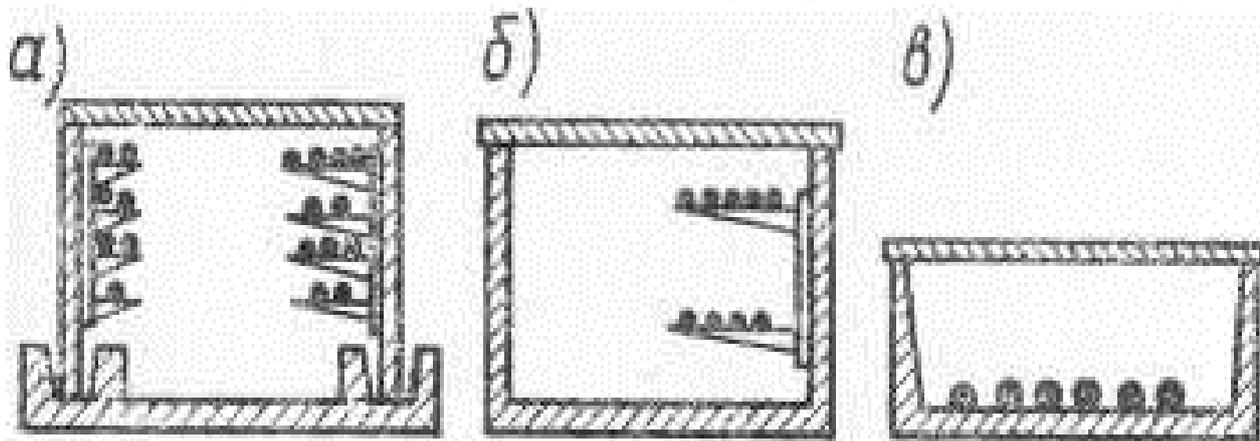
*кабелем; 2 – верхние направляющие ролики; 3 – нижние направляющие ролики; 4 – воронка; 5 – блок; 6 – распорная стойка*

Рисунок 6 – Механизированная прокладка кабеля в блоках

### **Прокладка кабелей в каналах.**

Каналы выполняются как внутри, так и вне зданий. В зависимости от количества прокладываемых кабелей, их назначения, напряжения и мощности кабелей применяют различные типы каналов и способы укладки в них кабелей (Рисунок 7). Кабели в каналах укладывают как непосредственно по дну канала, так и на кабельных конструкциях, установленных по стенкам каналов. При этом по дну канала кабели укладывают только в каналах глубиной не более 0,9 м. Укладку осуществляют с применением раскаточных роликов и тянущих электроприводов. Вне зданий каналы поверх съемных плит засыпают слоем земли.

На территории, доступной только для обслуживающего персонала, засыпка не обязательна. Каналы в распределительных устройствах и производственных помещениях перекрывают съемными несгораемыми плитами, в электромашинных помещениях – рифлеными железными плитами, в помещениях щитов управления с паркетными полами, в каналах которых проложены только контрольные кабели, – деревянными щитами с паркетом или деревянными плитами. Не следует засыпать песком каналы, в которых проложены силовые кабели [4, 6, 10].



*а – из железобетонных плит с расположением кабелей на полках;  
б – лоткового типа с расположением кабелей на полках;  
в – лоткового типа с кабелей на дне канала*

Рисунок 7 – Сборные железобетонные каналы и расположение в них кабелей

Для повышения производительности труда и улучшения качества работ кабельные линии небольшой протяженности выполняют по предварительным замерам трассы их прокладки с учетом монтажа концевых заделок или муфт, а также соединительных муфт в мастерских [3].

### **Монтаж кабельных концевых заделок и концевых соединительных и осветительных муфт.**

При монтаже кабельных линий наиболее сложной и ответственной работой является соединение и ответвление кабелей и разделка их концов для присоединения к аппаратам, электродвигателям и другим электротехническим устройствам. Эта работа выполняется в строгом соответствии с требованиями технической документации и монтажными инструкциями организаций, монтирующих и эксплуатирующих кабельные линии.

Под кабельной концевой заделкой понимают устройство, предназначенное для присоединения кабеля к электроаппаратам внутренней установки. Они не имеют специального защитного корпуса [3. 6].

Кабельная концевая муфта – это устройство, предназначенное для присоединения кабелей к электроаппаратам наружной или внутренней установки или воздушным линиям электропередачи [3].

Надежность муфт и заделок зависит от тщательного выполнения их монтажа и соблюдения технологии, указанной монтажными инструкциями. Попадание влаги или грязи в муфту или заделку резко ухудшает электрическую прочность и приводит к выходу из строя кабеля при его испытаниях после монтажа или во время эксплуатации. Поэтому работы по

монтажу муфт и заделок выполняются чистыми руками и инструментом, без перерыва в работе до полного их окончания. Корпус муфты перед началом работы также тщательно очищают с обеих сторон и протирают тряпками, смоченными в бензине.

Монтажу концевых заделок, соединительных и концевых муфт предшествует разделка концов кабеля. С концов кабеля, которые подлежат оконцеванию или соединению, последовательно удаляют защитный покров, броню, оболочку, бумажную поясную изоляцию и изоляцию жил. В результате образуется ступенчатая разделка кабеля (см. рисунок 1), размеры отдельных ступеней которой определяются в зависимости от напряжения кабеля, типа и размера концевой заделки и муфты.

В настоящее время для заделки кабелей широко применяют эпоксидные концевые муфты с трубками из найритовой резины, резиновые перчатки, а также эпоксидные концевые муфты специальной конструкции, предназначенные для наружной установки. Например, эпоксидную концевую заделку с трубками из найритовой резины применяют для кабелей с бумажной изоляцией на напряжение до 10 кВ в сухих, влажных, с проводящей пылью, с химически активной средой (кроме взрывоопасных) помещениях во всех районах России, кроме субтропиков [2, 7].

Свинцовые соединительные муфты изготовляют из свинцовых труб диаметром от 60 до 110 мм и длиной от 450 до 650 мм в зависимости от сечения и напряжения кабелей. Разделку концов производят так же, как и при монтаже эпоксидных соединительных муфт. Затем на кабель надевают свинцовую муфту и соединяют жилы кабелей термитной сваркой или другим способом, место пайки или сварки очищают и промывают кабельной массой МП-1, нагретой до 120–130° С. После этого подмоткой восстанавливают заводскую изоляцию жил кабеля кабельной бумагой, пропитанной маслом [1, 4, 11].

Рулоны и ролики кабельной бумаги вместе с нитками поступают на монтаж в жестяных запаянных банках, заполненных кабельной массой МП-1. В зависимости от количества и размеров бумажных рулонов и роликов эти комплекты в банках различают по номерам. Бумажную изоляцию плотно укладывают, не допуская образования между слоями бумаги пузырьков воздуха. После этого жилы кабеля вторично прошпаривают кабельной массой МП-1, надвигают на место соединения свинцовую муфту, концы ее околачивают и припаивают к оболочке кабеля. Для заливки муфты кабельной массой в муфте на расстоянии 260–350 мм друг от друга вырезают два отверстия: одно – для введения в муфту кабельной массы, другое – для выхода из нее воздуха.

Перед заливкой кабельную массу нагревают и заливают в предварительно подогретую муфту. После охлаждения и усадки кабельной массы ее подливают до полного заполнения муфты, после чего заливочные отверстия запаивают. Свинцовую муфту в целях защиты от повреждений заключают в стальной или чугунный кожух.

Для соединения кабелей напряжением до 1 кВ применяют чугунные, а для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией эпоксидные муфты. После окончания монтажа проводятся необходимые испытания, подтверждающие высокое качество монтажных работ [6].

Анализируя работу по монтажу кабельных линий, можно с уверенностью сказать, что это многооперационный процесс, требующий от персонала высокой квалификации и соблюдения производственной дисциплины, а от инженерно-технических работников осуществления жесткого контроля. Кроме того, большая часть операций, проводимые вне

предприятия и вдали от населенных пунктов, требует от работников знания приемов оказания первой помощи и неукоснительного выполнения требований охраны труда.

### Список литературы

1. Костин В. Н. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2004 - 184 с
2. Липкович И.Э. Персонал электроустановок АПК / Липкович И.Э., Егорова И.В., Пятикопов С.М. // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1 (31). С. 38.
3. Пантелеев Е. Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник электромонтажника / Под ред. А. Д. Смирнова и др. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288с.
4. Особенности организации надзорной деятельности за безопасной эксплуатацией тепло и электроустановок на предприятии АПК / Пикалов А.В., Жолобова М.В., Липкович И.Э., Егорова И.В., Петренко Н.В // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 162. С. 187-200.
5. Акимова Н.А., Котеленц Н.Ф., Сентюрихин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. Учебное пособие для студентов учреждений среднего проф. образования. - М.: Мастерство, 2002. -296 с.
6. Основы безопасности при монтаже электропроводок во взрывоопасной среде / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В, Головинов В.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
7. Организационные основы безопасности при ремонте электрических двигателей в условиях предприятия АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. -192 с.
9. Охрана труда. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: ИНФРА-М, 2003. 263 с.
10. Правила устройства электроустановок. Передача электроэнергии. 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. -160 с.
11. Сибикин Ю.Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. 5-е изд. - М.: Высшая школа, 2002. -248 с.

### References

1. Kostin V. N. Montage and exploitation of equipment of systems electrosupply: Ucheb. allowance. - SPb.: NWTU, 2004 – p. 184
2. Lipkovich I.E. Personnel of electrical installations APK / Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pyatikopov S.M. // AgroEcoInfo. 2018. No 1 (31). pp. 38.
3. Panteleev E. G. Montage and repair of cable lines: Handbook of electrical installation / Ed. A. D. Smirnova i dr. -2-e izd., pererab. i dop. -M.: Energoatomizdat, 1990. -p. 288
4. Features of the organization of supervisory activities for the safe operation of heat and electrical installations at the enterprise of the agro-industrial complex / Pikalov A.V., Zholobova M.V., Lipkovich I.E., Egorova I.V., Petrenko N.V // Politematic network electronic scientific journal

- of the Kuban State Agrarian University. 2020. No 162. pp. 187-200.
5. Akimova N.A., Kotelets N.F., Sentyurikhin N.I. Installation, technical operation and repair of electrical and electromechanical equipment. Textbook for students of institutions of secondary vocational education. - М.: Mastery, 2002. -p.296
  6. Basics of safety in the installation of electrical wiring in an explosive environment / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V., Golovinov V.V // AgroEcoInfo. 2022. № 3 (51).
  7. Organizational foundations of safety in the repair of electric motors in the conditions of the enterprise APK / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. / AgroEcoInfo. 2022. № 3 (51).
  8. Intersectoral rules on labor protection (safety rules) in the operation of electrical installations. - М.: Izd-vo NC ENAS, 2001. -p.192.
  9. Labor protection. Rules for the technical operation of electrical installations of consumers. - М.: INFRA-M, 2003. p. 263.
  10. Rules for the installation of electrical installations. Transmission of electricity. 7th ed. - М.: Izd-vo NC ENAS, 2004. -p. 160.
  11. Sibikin Yu.D. Handbook on the operation of electrical installations of industrial enterprises. 5th ed. - М.: Vysshaya shkola, 2002. -p. 248.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ

<sup>1</sup>Егорова И.В., <sup>2</sup>Петренко Н.В., Чайка Д.С.

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская, 21), e-mail:*

*<sup>1</sup>orishenkoirina@mail.ru, <sup>2</sup>petrenko.new@mail.ru*

**В статье рассмотрен монтаж электрических машин и аппаратов, который является многоэтапным процессом, требующим от персонала предприятий высокой квалификации и опыта работы, а кроме того, требует постоянный контроль со стороны инженерно-технических работников и представителей службы охраны труда.**

**Ключевые слова:** безопасность; контроль; монтаж; электрические машины; аппараты управления.

## ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY DURING THE INSTALLATION OF ELECTRIC MACHINES AND CONTROL DEVICES

<sup>1</sup>Egorova I.V., <sup>2</sup>Petrenko N.V., Chaika D.S.

*Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, Sovetskaya St., 21.), e-mail: <sup>1</sup>orishenkoirina@mail.ru,*

*<sup>2</sup>petrenko.new@mail.ru*

**The article discusses the installation of electrical machines and apparatus, which is a multi-stage process that requires high qualifications and experience from the personnel of enterprises, and in addition, requires constant monitoring by engineering and technical workers and representatives of the labor protection service.**

**Keywords:** safety; control; installation; electric machines; control devices.

### **Общие требования к электрическим машинам и определения.**

Согласно ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007, ГОСТ 12.2.091-2012 проведение монтажа электрических машин зависит от их мощности, габаритов, способов поставки и формы исполнения. Электрические машины малой и средней мощности поставляют заводы-изготовители в собранном виде; электрические машины большой мощности – в разобранном виде, а некоторые машины с разъемным статором [1, 2].

Установку электрических машин производят так, чтобы ширина проходов между их фундаментами или корпусами, между машинами и частями зданий или оборудования была не менее 1 м в свету; допускаются местные сужения проходов между выступающими частями машин и строительными конструкциями до 0,6 м при длине не более 0,5 м. Расстояние между торцами рядом стоящих машин при наличии прохода с другой стороны машин должно быть

не менее 0,3 м при высоте машин до 1 м от уровня пола и не менее 0,6 м при высоте машин более 1 м.

Ширина прохода обслуживания между машинами и лицевой стороной обслуживания пульта управления или щита управления должна быть не менее 2 м. Это расстояние считается от машины до закрытой двери или стенки шкафа. Эти требования не относятся к постам местного управления приводами. Ширина прохода между корпусом машины и торцом должна быть не менее 1 м. Проход для обслуживания между рядом шкафов с электрооборудованием напряжением до 1000 В и частями здания или оборудования должен быть не менее 1 м, а при открытой дверце шкафа – не менее 0,6 м; при двухрядном расположении шкафов проход между ними должен быть не менее 1,2 м, а между открытыми противоположными дверцами – не менее 0,6 м.

Машины мощностью до 10 кВт и малогабаритное оборудование можно устанавливать за распределительными щитами, стеллажами, пультами и тому подобными элементами распределительных устройств напряжением до 1000 В за счет местного сужения проходов в свету до значения не менее 0,6 м. При этом расстояние от корпуса машины или аппарата до токоведущих частей щита должно быть, не менее: при напряжении ниже 660 В – 1,0 м при длине щита до 7 м и 1,2 м при длине щита более 7 м; при напряжении 660 В и выше – 1,5 м. За длину щита в данном случае принимается длина прохода между двумя рядами сплошного фронта панелей (шкафов) или между одним рядом и стеной [3].

Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, не связанных с механическим оборудованием (преобразовательные, возбуждательные, зарядные агрегаты и т. п.), устанавливается выше отметки чистого пола не менее чем на 50 мм. Отметка верхней поверхности фундаментных плит вращающихся машин, связанных с механическим оборудованием, определяется требованиями, предъявляемыми к его установке.

Для производства монтажных работ в электромашиных помещениях (ЭМП) предусматривают монтажные площадки или используют свободные площадки между оборудованием, рассчитанные на наиболее тяжелую, практически возможную нагрузку от оборудования и расположенные в зоне действия грузоподъемных устройств. Внешние контуры пола монтажной площадки обозначают краской или метлахской плиткой, отличающимися по цвету от других частей пола.

Участки ЭМП, по которым транспортируется оборудование, должны быть рассчитаны на нагрузку транспортируемого оборудования. Контуры этих участков следует обозначать краской или плиткой. Размеры монтажных площадок определяют по габариту наибольшей детали (в упаковке), для размещения которой они предназначены, с запасом в 1 м на сторону. Места установки стоек для размещения якорей крупных электрических машин на монтажных площадках должны быть особо рассчитаны и иметь отличительную окраску.

Синхронные электрические машины, и машины постоянного тока мощностью 1000 кВт и более должны иметь электрическую изоляцию одного из подшипников от фундаментной плиты для предотвращения образования замкнутой цепи тока через вал и подшипники машины. При этом у синхронных машин должны быть изолированы подшипник со стороны возбуждателя и все подшипники возбуждателя. Маслопроводы этих электрических машин изолируют от корпусов их подшипников [4].

Электродвигатели напряжением свыше 1000 В устанавливают непосредственно в

производственных помещениях, соблюдая следующие условия: электродвигатели, имеющие выводы под статором или требующие специальных устройств для охлаждения, устанавливаются на фундаменте с фундаментной ямой; фундаментная яма для электродвигателя должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к камерам, закрытым распределительным устройством (ЗРУ) напряжением свыше 1000 В; размеры фундаментной ямы должны быть не менее допускаемых для полупроходных кабельных туннелей.

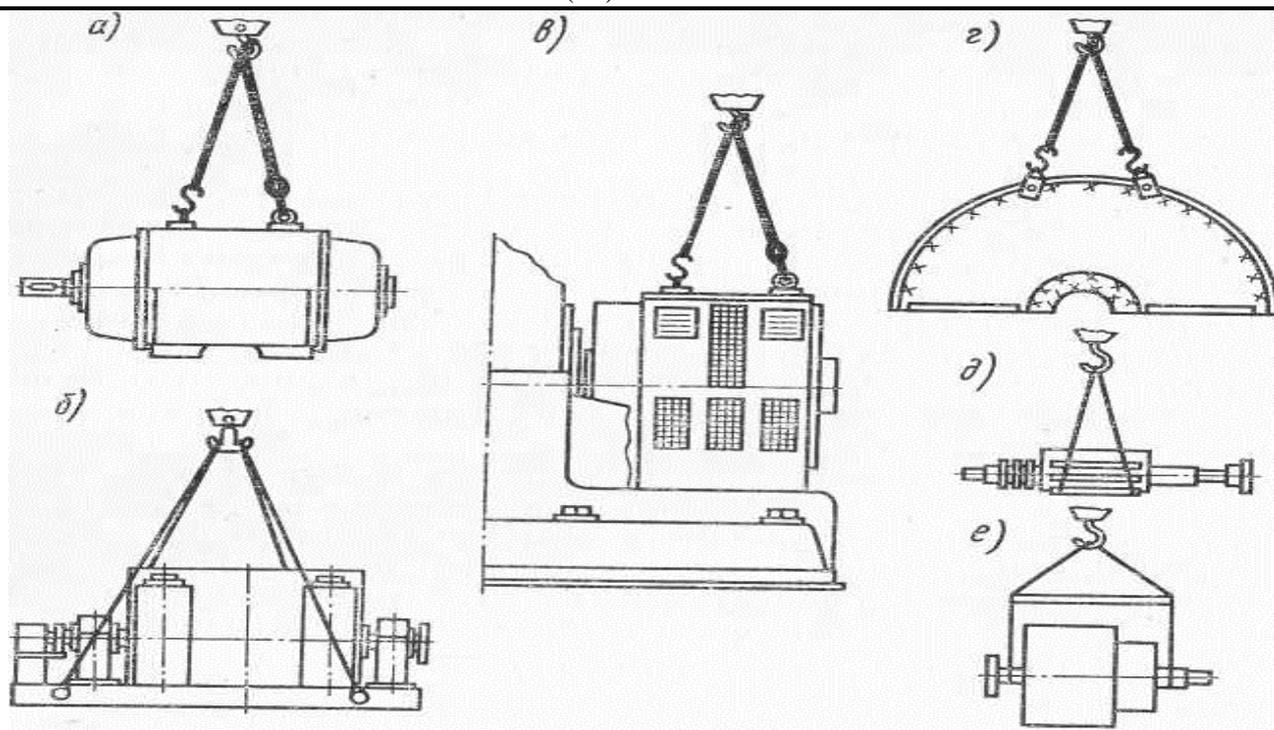
Кабели и провода, присоединяемые к электродвигателям, установленным на виброоснованиях, на участке между подвижной и неподвижной частями основания, должны иметь гибкие медные жилы. Помещения для установки электрических машин и аппаратов принимают от строительных организации под монтаж в состоянии, годном для нормального ведения работ, и с готовыми фундаментами для машин. Помещения должны иметь проемы в стенах и перекрытиях для транспортирования тяжелого и крупногабаритного электрооборудования.

Если проектом предусмотрена закладка в фундаменты труб, предназначенных для прокладки в них проводов или кабелей, то электромонтажная организация укладывает их еще до бетонирования фундамента, одновременно с вязком арматуры. Размеры помещений, основные размеры фундаментов, размещение и размеры колодцев под анкерные болты, проемов и ниш, размещение осей фундаментов проверяют по данным чертежей проекта [3, 4].

#### **Подготовительные работы.**

Прежде чем смонтировать электрическую машину или аппарат, следует убедиться в том, что исполнение соответствует условиям среды, где их устанавливают. Электрические машины и аппараты монтируют так, чтобы они были доступны для осмотра и ремонта. Вращающиеся части машин и места сопряжения их с механизмами (муфты, шкивы, ременная передача и т. п.) защищают от случайных прикосновений ограждениями; корпуса электрических машин и пускорегулирующих аппаратов заземляют. Аппараты управления располагают ближе к электрическим машинам, в местах, удобных для обслуживания, там, где это доступно с точки зрения условий окружающей среды и технологии производства [3, 5].

Электрические машины и аппараты в зависимости от их массы и габаритов поступают на монтаж от заводов-изготовителей в собранном или разобранном виде в соответствующей упаковке. Их выгружают с транспортных средств кранами (Рисунок 1) и в исключительных случаях на катках по наклонным настилам, хранят в сухих вентилируемых помещениях. Части машин, подверженные коррозии, покрывают слоем технического вазелина или какой-либо другой смазки; шейки валов покрывают антикоррозионной смазкой, обертывают влагонепроницаемым материалом и защищают от механических повреждений. При приемке электрических машин и аппаратов под монтаж проверяют их целостность, соответствие заводских табличек требованиям проекта и комплектность. Во избежание повреждения машин и аппаратов их распаковывают осторожно в закрытом, сухом и чистом помещении, недоступном для посторонних лиц, и устанавливают на подкладках [6].



*а, б, в – собранных электрических машин; г – торцового щита; д, е – ротора*  
Рисунок 1 – Строповка электрических машин и их отдельных частей при перемещениях

Непосредственно перед началом монтажа производят ревизию и регулировку электрических машин и регулировку аппаратов. При ревизии проверяют крепление обмоток, наличие доски с выводными зажимами, исправность активной стали, отсутствие вмятин, задиров, ржавчины, состояние выводов обмоток, коллектора и щеточных устройств у машин постоянного тока и контактных колец у машин переменного тока, шеек валов, правильность соединений обмоток, величины зазоров, сопротивление изоляции обмоток. У электрических аппаратов проверяют и регулируют одновременность включения контактов, раствор контактов, работу механизмов зацепления и срабатывания и др. Обнаруженные мелкие дефекты устраняют собственными силами. Для устранения серьезных дефектов аппараты отправляют на завод-изготовитель или в специальные ремонтные мастерские [2, 6].

Машины и аппараты, прибывающие на монтаж в собранном виде, разбирают только в том случае, если возникают сомнения в их исправности после транспортировки и хранения. Разборку и последующую сборку машин и аппаратов производят так, как это указано в инструкции завода-изготовителя. На первой стадии монтажа низковольтной пускорегулирующей аппаратуры, приборов контроля и защиты в соответствии с общим принципом организации электромонтажных работ размечают и пробивают гнезда, проемы и отверстия в строительных основаниях для крепления и заделки в них опорных конструкций или крепежных деталей.

Разметку ведут по отметкам чистого пола, наносимым на стенах или перегородках черной краской в виде полос шириной 10 и длиной 100 – 150 мм в соответствии с данными чертежей проекта или по размерам, снятым с натуры, пользуясь шаблонами для ускорения этой операции. Разметку начинают с нанесения основных вертикальных и горизонтальных

осей мест установки оборудования, а затем размечают места -заделки опорных конструкций или крепежных деталей (болтов, шпилек, дюбелей и т. п.).

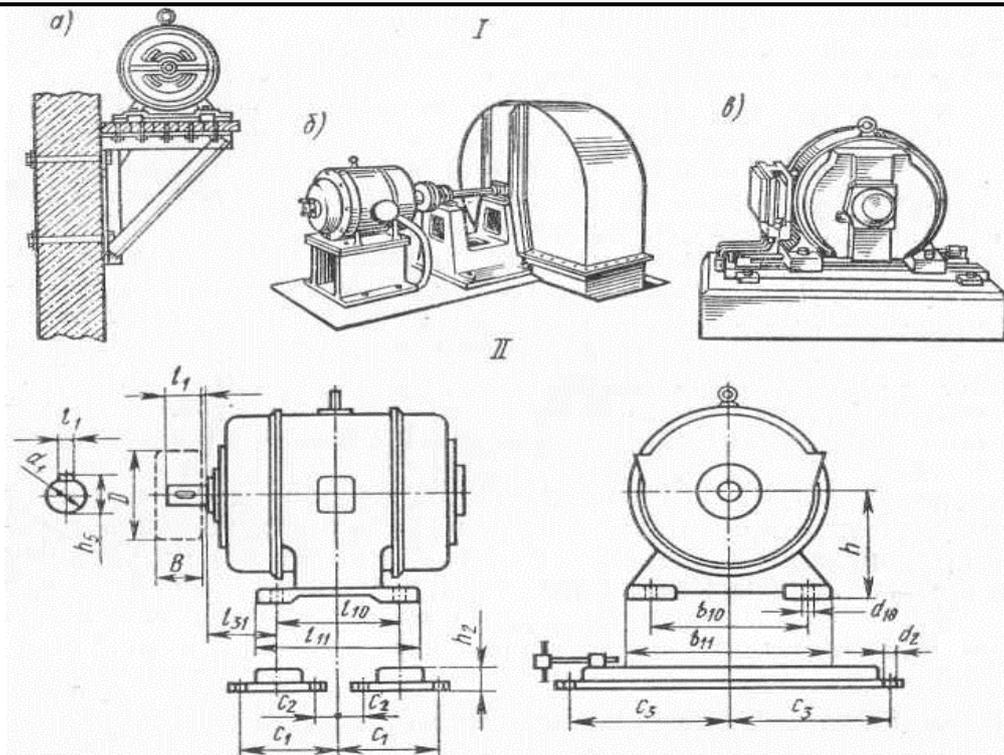
На металлических опорных поверхностях оборудование крепят или непосредственно винтами и болтами, или с помощью конструкций, привариваемых электросваркой к металлическим опорным поверхностям. Крепежные детали и опорные конструкции, если они не выпускаются заводами, изготавливают в мастерской по эскизам группы подготовки производства или чертежам проекта [1, 5, 6].

### **Монтаж электрических машин. Машины небольшой мощности.**

Электрические машины, поступающие на монтаж в комплекте с механизмом, монтируют на второй стадии производства электромонтажных работ, когда полностью подготовлены площадки или конструкции для их установки. У электродвигателей с подшипниками скольжения подшипники промывают и заполняют маслом. Заводскую смазку подшипников качения при установке небольших машин обычно не заменяют. Проверяют состояние изоляции обмоток электрических машин и, если необходимо, сушат обмотки. Подготовленные машины доставляют на монтажную площадку, где их устанавливают, выполняют сопряжение двигателей с рабочими механизмами и генераторов с двигателями и подключают к сети через пускорегулирующие аппараты. Перед установкой электродвигателей по установочным размерам изготавливают и устанавливают крепежные конструкции и детали.

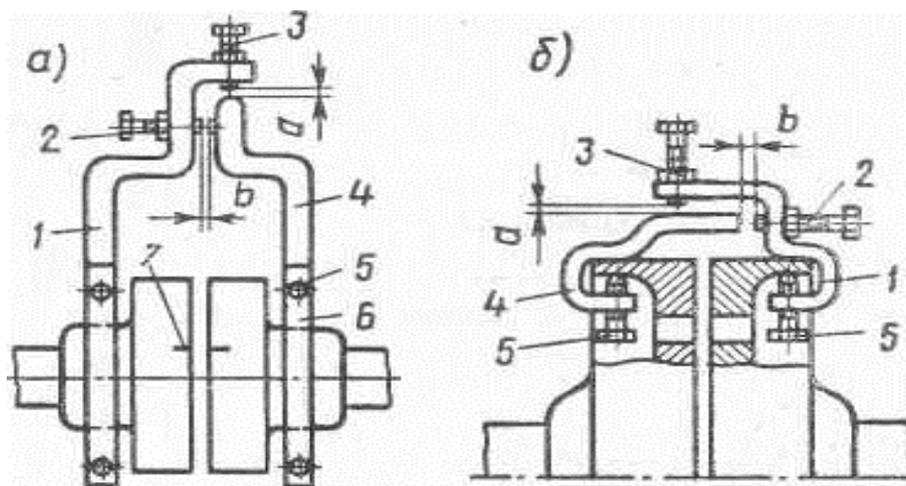
Электродвигатели устанавливают на металлических конструкциях (Рисунок 2, а), непосредственно на полу (Рисунок 2, б) или на фундаменте и крепят с помощью болтов. При сопряжении электродвигателя с рабочим механизмом через ременную передачу его устанавливают на салазках, которые дают возможность изменять расстояние между валами электродвигателя и рабочей машины и тем самым регулировать натяжение приводного ремня (рисунок 2, в). Электродвигатели поднимают на площадку, где их устанавливают с помощью кранов, блоков или талей [2, 7].

Электродвигатели соединяют с рабочими механизмами с помощью соединительных муфт различных конструкций, а также через зубчатую, ременную (клиноременную) или фрикционную передачу. При всех способах сопряжения положение электродвигателя проверяют по уровню и отвесу и регулируют с помощью металлических прокладок. При ременной передаче необходимым условием правильного сопряжения электродвигателя с механизмом является соблюдение параллельности валов, а также расположение средних линий их шкивов на одной прямой линии. Центровку соединяемых муфтой валов электродвигателя и приводимого им во вращение рабочего механизма производят с помощью двух скоб, закрепленных на валах электродвигателя и рабочего механизма (Рисунок 3).



$d_1, l_1$  – диаметр и длина рабочего конца вала;  $b_1$  – ширина шпонки;  $l_{10}, b_{10}$  – расстояние между отверстиями в лапах в поперечной и продольной осях;  $l_{11}, b_{11}$  – наибольшее расстояние лап в поперечной и продольной осях;  $h$  – высота осевой вращения машины;  $d_{10}$  – диаметр отверстий в лапах;  $l_{31}$  – расстояние между отверстием в лапах и началом рабочего конца вала;  $D, B$  – диаметр и ширина шкива;  $c_1, c_2, c_3$  – расстояния от центральной линии до отверстий в салазках;  $h_2$  – высота салазок;  $d_2$  – диаметр отверстий

Рисунок 2 – Установка электродвигателей небольшой мощности (I) и обозначения установочных размеров (II)



$a$  – центровочные скобы для центровки по втулкам полумуфт;  $b$  – для центровки по ободам полумуфт; 1, 4 – скобы; 2, 3 – болты для измерения зазоров; 5 – крепежные болты; 6 – хомут; 7 – риски

Рисунок 3 – Центровка валов

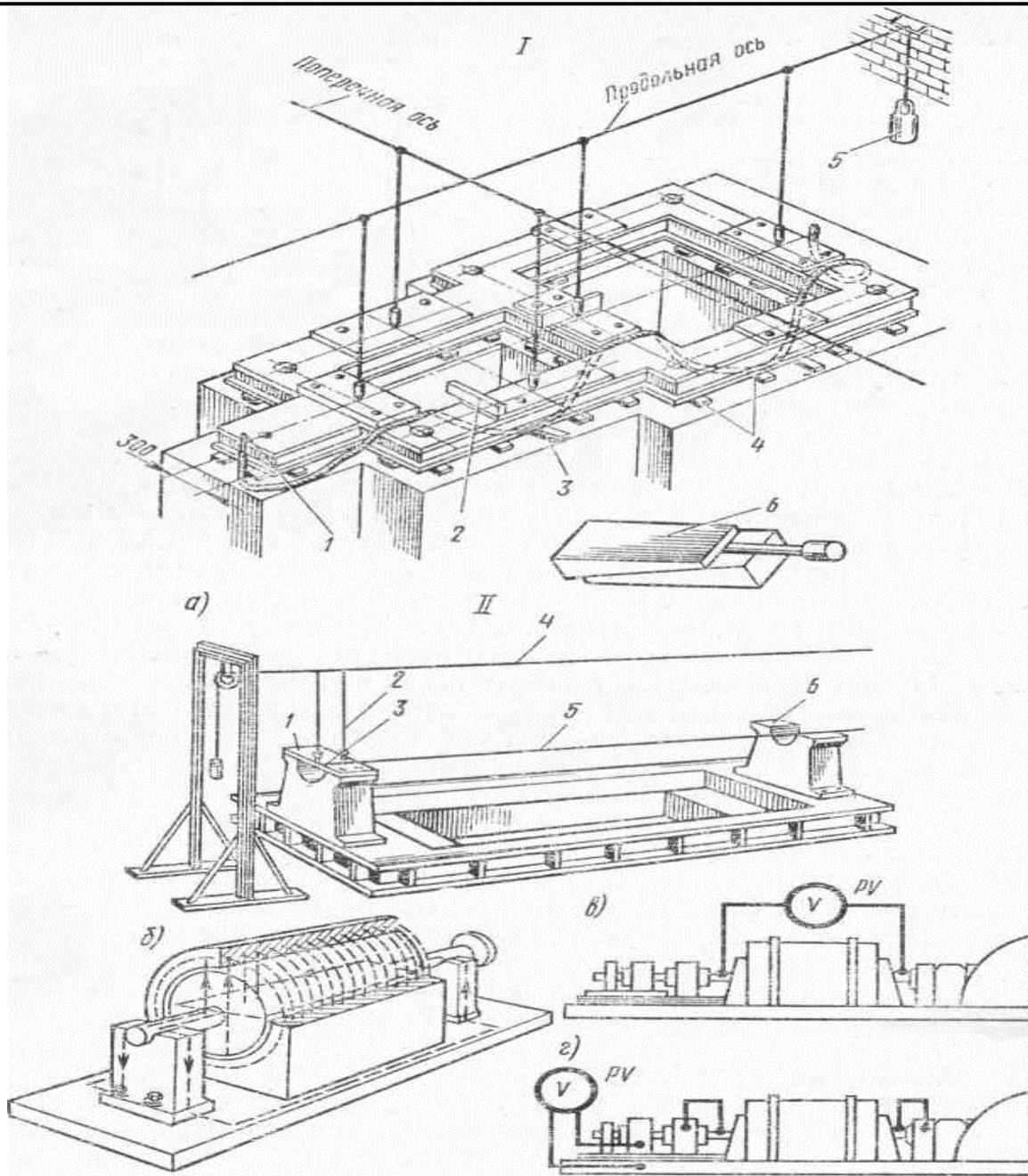
Поворачивая одновременно валы электродвигателя и механизма на 90, 180, 270, 360 °, добиваются, чтобы расстояния  $a$  и  $b$  между центровочными скобами были постоянны. Биение полумуфт и соосность валов допускаются в пределах соответственно в зависимости от типа муфты и числа оборотов двигателя от 0,02 до 0,05 мм и от 0,04 до 0,15 мм. При зубчатой передаче добиваются параллельности валов электродвигателя и механизма и правильного зацепления зубчатых шестерен, т. е. одинакового зазора между зубьями сопрягаемых шестерен по всей их толщине. Несносность соединяемых валов должна быть не более 0,5 ° [7, 8].

Электрические машины большой мощности. Электрические машины переменного и постоянного тока, поступающие на место установки в собранном виде, устанавливаются без разборки, но с предварительной ревизией. Монтаж начинают с установки фундаментной плиты, рамы или салазок на фундамент с металлическими прокладками толщиной 10 мм и более для грубой и 0,5–5 мм для точной выверки горизонтального положения плиты, рамы или салазок. Прокладки устанавливают по всему периметру опорных плоскостей через каждые 400 мм так, чтобы они выступали за края плиты, рамы и салазок на 25–50 мм. Одновременно в анкерные колодцы вставляют фундаментные болты. Около фундаментных болтов с обеих сторон располагают прокладки. Горизонтальное положение фундаментных плит, рам и салазок проверяют по уровню, с помощью проверочных линеек, уложенных на опорные плоскости. Регулируют плиты с помощью прокладок (Рисунок 4, I) [1, 8].

После того как фундаментные плиты, рамы и салазки окончательно выверены, на них устанавливают электрическую машину и выверяют сопряжение осей валов электрической машины и рабочего механизма по центровочным скобам.

Если монтируют агрегат из двух и более электрических машин (например, двигатель – генератор – возбудитель), то регулировку положения линий валов начинают с машины, имеющей два подшипника. Вал этой машины устанавливают строго горизонтально, а линии валов у промежуточных подшипников – по плавной кривой, соответствующей естественному прогибу валов от собственной массы. При сопряжении двух валов, имеющих три подшипника, наклоны шеек вала, лежащего на двух подшипниках, не должны изменяться при присоединении второго вала. Это достигается регулировкой третьего подшипника в вертикальной плоскости. Правильность сопряжения проверяют измерением величины биения конца вала, имеющего один подшипник, с помощью индикатора [9].

После окончательной проверки положения электрической машины на фундаментной плите, раме или салазках, сопряжения ее с рабочими механизмами и сдачи по акту фундамент вместе с плитой, рамой или салазками заливают цементным раствором. При этом тщательно заполняют отверстия, в которых заделаны фундаментные болты и зазоры под плитой, рамой или салазками. Если позволяет конструкция плиты или рамы, то цементным раствором заполняют всю их внутреннюю часть, оставляя свободными лишь места прохода болтов сквозь плиту [3, 9].



*I – установка фундаментной плиты: 1 – гидростатический уровень; 2 – уровень; 3 – стальной клин; 4 – прокладка; 5 – груз; 6 – клиновый домкрат; II – установка подшипниковых стоек (а) и проверка изоляции; 1 – пластина; 2 – отвес; 3 – риска; 4 – монтажная струна; 5 – контрольная струна; 6 – стойка; б – схема прохождения тока через подшипник; в, г – проверка изоляции стойки подшипника*  
 Рисунок 4 – Фундаментная плита и схема установки и проверки изоляции подшипниковых стоек

Затем мегаомметром проверяют состояние изоляции обмоток электрической машины, воздушные зазоры в «между железном» пространстве по всей окружности (для разных машин они различны в зависимости от требований заводских инструкций), промывают и заливают

чистым маслом подшипники скольжения. В машинах постоянного тока проверяют состояние коллектора, щеток, щеточного механизма.

Монтаж разобранных машин производят в такой последовательности: распаковка и размещение узлов на монтажной площадке; очистка, ревизия и продувка их сжатым воздухом; подготовка фундамента; установка фундаментной плиты; монтаж стояков подшипников; установка статора на плиту; монтаж ротора, центровка и сопряжение валов; пригонка вкладышей и уплотнение подшипников скольжения; выверка воздушных зазоров и осевого разбега ротора; регулировка коллектора или контактных колец; монтаж щеточного механизма, а также систем принудительной смазки и принудительной вентиляции; монтаж внутренних соединений машины и ее внешних цепей; сушка изоляции; пробный пуск и регулировка систем машины; балансировка ротора машины; приемосдаточные испытания машины; фиксация частей машины после обкатки на фундаментной плите с помощью установочных штифтов; оформление технической документации и сдачи машины в эксплуатацию.

Установка и выверка фундаментной плиты или рамы при монтаже электрических машин, поступающих на монтажную площадку в разобранном виде, выполняется так же, как и монтаж машин, прибывающих в собранном виде. Монтаж начинают с установки подшипниковых стояков по заводским рискам и контрольным шпилькам (Рисунок 4, II, а). Подшипники разбирают, их опорные поверхности освобождают от защитных покрытий, ржавчины и забоин. Перед установкой подшипниковых стояков под них на плиту укладывают металлические прокладки общей толщиной 4 – 5 мм, с помощью которых в дальнейшем регулируют положение подшипников по высоте, а также изолирующие прокладки под одним или двумя стояками, чтобы исключить разъедание шеек паразитными токами.

В качестве изолирующих прокладок применяют пластинки из прочного изоляционного материала толщиной 2 – 5 мм. Болты и контрольные шпильки изолируют бакелитовыми или прессшпановыми трубками с толщиной стенки 2 мм, а фланцы маслопроводов – электрокартоном. Сопротивление изоляции подшипникового стояка, измеренное мегаомметром на 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм (Рисунок 4, в, з). Затем в подшипниковые стоянки устанавливают нижние вкладыши подшипников и на них укладывают ротор машины, предварительно смазав шейки его вала чистым машинным маслом [4].

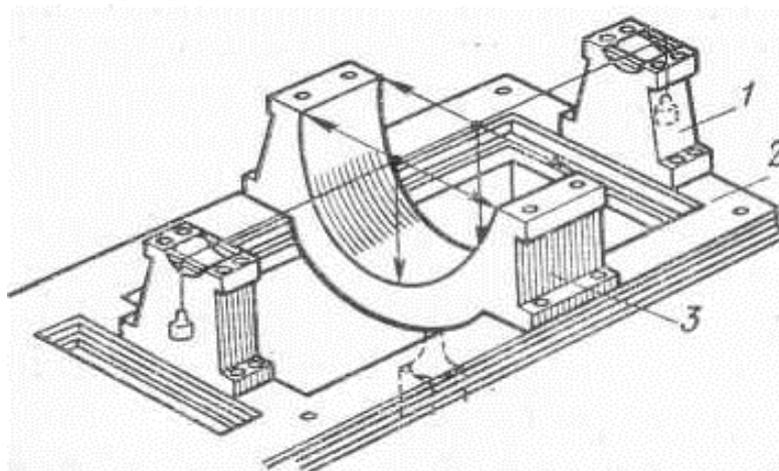
Чтобы убедиться в отсутствии перекоса вкладышей подшипников, ротор проворачивают на несколько оборотов. Далее выверяют совпадения валов электрической машины и рабочего механизма с насаженными полумуфтами с помощью линейки и щупа и устанавливают осевые зазоры (разбег) между торцами вкладышей подшипников и заточками вала. Эти зазоры необходимы для свободного удлинения вала при его нагревании и для возможной самоустановки ротора под влиянием магнитного поля электрической машины.

Осевые зазоры по обе стороны вкладышей подшипников регулируют с учетом того, что со стороны внешних подшипников, т. е. подшипников со стороны расположения контактных колец или коллектора, они должны быть больше. У машин с диаметром шейки вала до 200 мм эти зазоры у ближайшего к полумуфте подшипника принимают равными 2 – 4 мм, а при диаметрах более 200 мм – 2 % диаметра вала.

Вал ротора проверяют индикатором на отсутствие радиального биения в шейках, местах установки уплотнений подшипников и щитов статора, а также вблизи ступицы ротора. Для

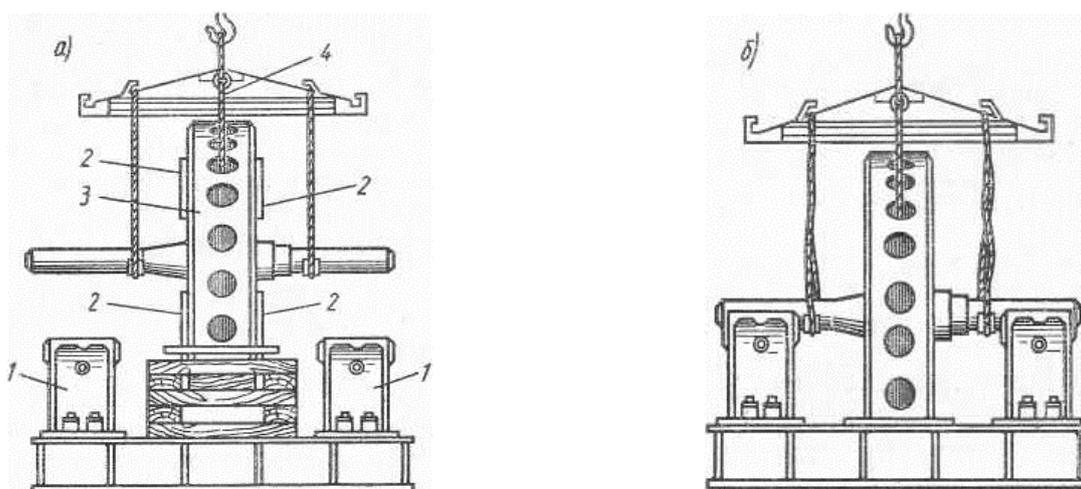
валов с диаметром шейки вала до 200 мм допустимая величина биения 0,02 мм. Убедившись в правильности установки ротора в подшипниках, еще до установки статора производят регулировку совмещения валов так, как это описано выше [7, 9].

После этого ротор поднимают краном, отводят в сторону и на место устанавливают статор электрической машины, руководствуясь заводскими рисками на отдельных его частях и контрольными шпильками (Рисунок 5). Правильность установки статора выверяют по струне, натянутой вдоль оси подшипниковых стояков, и по штихмасу, с помощью стальных прокладок, подкладываемых под опорные лапы статора. Затем снимают один из подшипниковых стояков, ротор заводят в статор, перемещают его внутри статора до выхода полумуфты за пределы статора и укладывают на деревянные прокладки для того, чтобы переставить стропы на роторе и полностью ввести его в статор. Снятый подшипниковый стояк устанавливают на определенное место; ротор укладывают в подшипники (Рисунок 6) и еще раз проверяют осевые зазоры [10].



1 – стойка подшипника; 2 – рама; 3 – станина машины

Рисунок 5 – Вывеска подшипниковых стоек и станин электрических машин

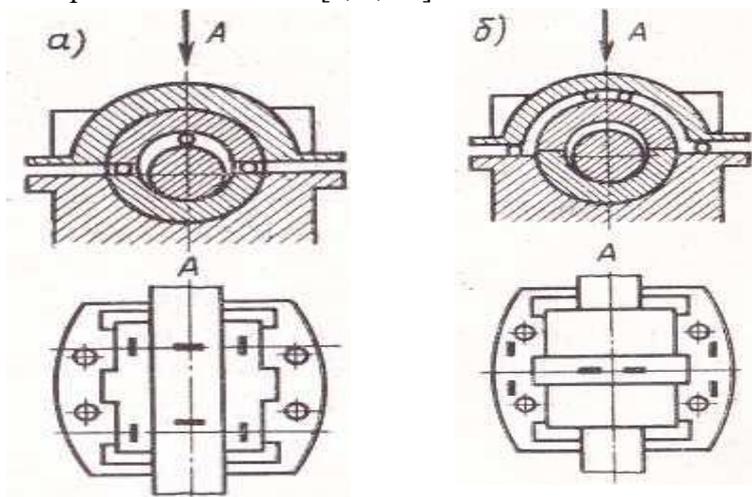


а – строповка и подъем статора и ротора; б – установка вала в подшипники и опорных лап на плиту; 1 – подшипниковый стояк; 2 – пакет электрокартона; 3 – станина статора; 4 – средний строп

Рисунок 6 – Ввод ротора в статор

После того как положение ротора в подшипниках выверено, окончательно регулируют положение статора так, чтобы оси симметрии сердечников статора и ротора совпадали, и регулируют зазор между статором и ротором. Зазоры измеряют щупом в четырех диаметрально противоположных точках. В машинах постоянного тока зазоры измеряют под серединой каждого полюса.

Перед закрытием подшипников проверяют зазоры между верхним вкладышем подшипника и шейкой, вала и между вкладышем и крышкой подшипника (Рисунок 7). Зазор определяют по толщине сплютков предварительно заложенных в подшипник проволок. Затем выполняют внутренние соединения обмоток, регулируют щеточный механизм, монтируют масляную или воздушную системы охлаждения, измеряют вибрацию подшипниковых опор. Затем определяют среднеквадратичное значение вибрационной скорости, которое должно быть не выше 4,5 мм/с, и приступают к сушке машины. Окончательные результаты регулировок и измерений заносят в монтажный паспорт электрической машины [2, 8, 10].



*а – между вкладышем и валом; б – между вкладышем и крышкой черными точками, и прямоугольниками показаны места заложения свинцовой проволоки*

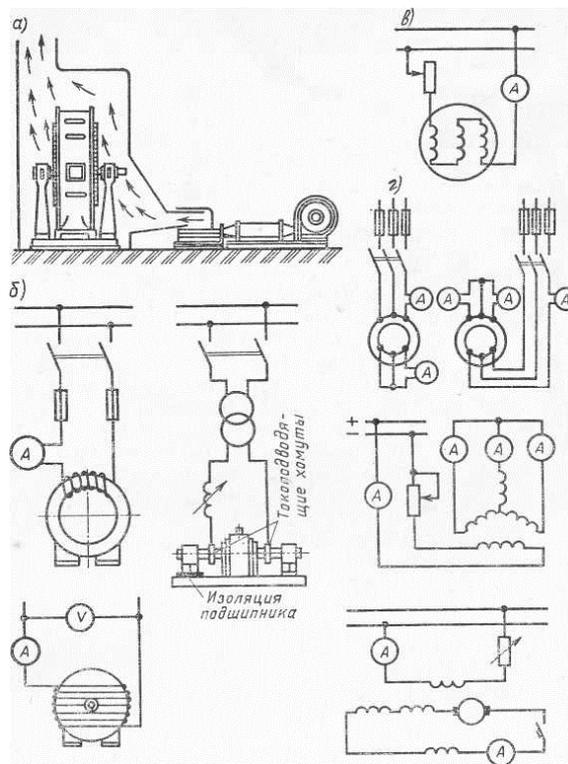
Рисунок 7 – Зазоры в подшипниках (контрольные точки)

### **Сушка электрических машин.**

Электрические машины сушат при неудовлетворительных изоляционных характеристиках, указывающих на увлажненность изоляции. Сушку проводят до установки электрических машин в том случае, если они долгое время хранились в помещении и измерения показывают на увлажненность изоляции. Обмотки электрических машин перед сушкой очищают от загрязнений и осевшей пыли, продувая сухим и чистым воздухом. В случае длительного непосредственного попадания воды на обмотки измерения и испытания, связанные с подачей напряжения, следует выполнять после контрольного прогрева и подсушки путем внешнего, надреза. Сушку путем пропускания тока по обмоткам электрических машин можно выполнять, если сопротивление изоляции обмоток статора машин переменного тока и обмотки якоря машин постоянного тока не менее 50 кОм, а сопротивление изоляции обмоток ротора машин переменного тока и обмоток возбуждения машин постоянного тока не менее 20 кОм [7, 9].

Корпус машины, подготовляемой для сушки, должен быть надежно заземлен. Сушку

машин в зависимости от местных условий выполняют внешним нагревом, инфракрасными лучами, индукционными потерями в сердечнике, потерями в проводниках обмоток, током к. з. и т. п. (Рисунок 8) [3, 11].



*а – непосредственным нагревом теплым воздухом; б – методом индукционных потерь; в – методом потерь в обмотках; г – методом короткого замыкания обмоток*

Рисунок 8 – Способы сушки машин

Во время сушки в наиболее нагреваемых частях обмоток электрических машин, на поверхности стального ротора и статора систематически измеряют температуру ртутными термометрами, температурными детекторами или рассчитывают температуру обмоток по замерам сопротивления обмоток.

В процессе сушки ведут журнал, в который кроме заводских характеристик, места установки машины, метода сушки и другого заносят электрические параметры и температуру во всех контролируемых точках машин, а также вычерчивают кривые изменения температуры и сопротивления изоляции обмоток во времени.

Сдачу-приемку смонтированных электрических машин проводят в соответствии с требованиями СНиП. После предъявления необходимой сдаточной документации персонал заказчика при участии представителей монтажной и наладочной организаций проводит комплексные испытания на холостом ходу и оформляет акт сдачи-приемки электрических машин [5, 12].

### **Монтаж аппаратов управления.**

Панели распределительных щитов, щитов управления и защиты, относящихся к аппаратам управления, устанавливают в щитовом помещении или непосредственно в цехе на заранее подготовленном основании. Установку начинают со средней в ряду панели. Панели

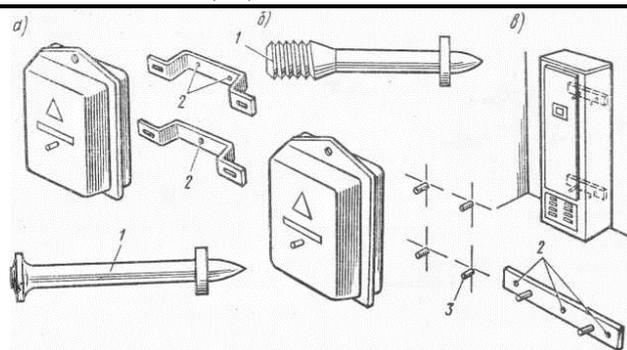
выверяют по уровню и отвесу и соединяют между собой и с направляющими посредством болтов или электросваркой. После этого распаковывают приборы и аппараты, чистят их, еще раз проверяют исправность подвижной и контактной систем, отсутствие обрывов и комплектность, устанавливают на панели и подключают к ним провода вторичной коммутации [10].

Под корпуса реле ставят прокладки из электрокартона, а крепежные болты снабжают резиновыми шайбами. Затем снятые для удобства транспортирования сборные шины устанавливают на место и налаживают приборы и аппараты. Все приборы и аппараты располагают строго вертикально, за исключением тех, которые по условиям нормальной работы должны находиться в горизонтальном или наклонном положении.

Станции управления в мастерской собирают в щиты (ЩСУ), монтируя на стальном каркасе, затем перевозят на площадку и устанавливают в специальные помещения или на площадках в цехах, вблизи от обслуживаемых ими электродвигателей. При установке на каркасе станций управления между ними оставляют небольшие зазоры. Панели крепят к каркасу болтами. Иногда панели магнитных станций монтируют в шкафах и в таком виде отправляют в цех.

Магнитные пускатели, контакторы, пусковые ящики и другие аппараты устанавливают в комплекте с кнопками управления. Магнитный пускатель вместе с кнопочной станцией, а часто и целая группа магнитных пускателей, устанавливаемых в одном месте, одновременно с опорной конструкцией представляют собой монтажные узлы и блоки, изготавливаемые централизованно в мастерских. Такие готовые узлы устанавливают на заготовленные заранее крепежные устройства. Магнитные пускатели и контакторы устанавливают в строго вертикальном положении; нормальная высота их установки от пола 1500–1700 мм. Металлические конструкции, на которых крепят пусковые устройства, а также металлические кожухи магнитных пускателей, кнопок управления и контакторов надежно заземляют, подключая к ним ответвления от заземляющей шины или любого другого заземляющего проводника. Пример крепления аппаратов управления показан на Рисунке 9 [11, 12].

Пусковые реостаты с масляным охлаждением устанавливают на металлической или железобетонной конструкции (в виде стула) и крепят к ней четырьмя болтами. Высоту конструкции для установки реостата выбирают с таким расчетом, чтобы маховичок реостата находился на высоте 700–800 мм от пола. Реостаты с воздушным охлаждением устанавливают на металлических конструкциях, укрепленных на стене, с зазором между опорной поверхностью и секциями реостата 50–100 мм для лучшего их охлаждения.



*а – несъемное; б – съемное; в – комбинированное крепление шкафов; 1 – дюбель-гвоздь; 2 – место пристрелки детали дюбель-гвоздями; 3 – дюбель-винт*

Рисунок 9 – Крепление аппаратов управления

Кулачковые контроллеры и командоаппараты монтируют подобно пусковым реостатам с масляным охлаждением. Контроллер или командоаппарат устанавливают непосредственно на опорной поверхности или через дополнительную конструкцию по отвесу и уровню так, чтобы высота штурвала над полом была не более 1100 мм. При их установке следует обеспечить хороший обзор рабочего места и удобство управления [2, 12, 13, 14].

Необходимо отметить, что монтаж электрических машин и аппаратов, который является многоэтапным процессом, требующим от персонала предприятий высокой квалификации и опыта работы, а кроме того, требует постоянный контроль со стороны инженерно-технических работников и представителей службы охраны труда.

### Список литературы

1. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт электрооборудования и систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие / Н.К. Полуянович. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 232 с.
2. Организационные основы безопасности при ремонте электрических двигателей в условиях предприятия АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
3. Основы безопасности при монтаже электропроводок во взрывоопасной среде / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В, Головинов В.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
4. Соколов В.П. Монтаж электрических аппаратов: учеб. пособие / В.П. Соколов. – Изд-во МЭИ, 2005. – 160с.
5. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. – М, 2004. – 286 с.
6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М., 2005. – 354с.
7. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин; под. общ. ред. Н.Ф. Котеленца. – М.: Мастерство, 2002. – 296 с.
8. Каминский М.Л. Монтаж приборов и систем автоматизации / М.Л. Каминский, В.М. Каминский. – М.: Высш. шк.; Академия, 2001. – 304 с.

9. Сибикин Ю.Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Высш. шк., Академия, 2001. – 248 с.
10. Соколов Б.А. Монтаж электрических установок / Б.А. Соколов, Н.Б. Соколова. – М.: Энергоиздат, 1982. – 598 с.
11. Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий: Справочник электромонтажника / Е.Г. Пантелеев; под ред. А.Д. Смирнова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
12. Справочник по наладке электрооборудования электростанций и подстанций / Н.А. Воскресенский, А.Е. Гомберг, Л.Ф. Колесников и др.; под ред. Э.С. Мусаэляна. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 344 с.
13. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации / А.А. П столов, А.Л. Вахрамеев, С.А. Ермолаев и др. – М.: Колос, 1993. 350 с.
14. Липкович И.Э. Персонал электроустановок АПК / Липкович И.Э., Егорова И.В., Пятикопов С.М. // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1 (31). С. 38.

## References

1. Poluyanovich N.K. Installation, adjustment, operation and repair of electrical equipment and power supply systems of industrial enterprises: textbook. allowance / N.K. Poluyanovich. - Taganrog: Publishing House of TRTU, 2005. - 232 p.
2. Organizational bases of safety in the repair of electric motors in the conditions of the agricultural enterprise / Lipkovich I.E., Ukrainsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. // AgroEcoInfo. 2022. No. 3 (51).
3. Basics of safety in the installation of electrical wiring in an explosive environment / Lipkovich I.E., Ukrainsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V., Golovinov V.V. // Agro-EcoInfo. 2022. No. 3 (51).
4. Sokolov V.P. Installation of electrical apparatus: textbook. allowance / V.P. Sokolov. – MPEI Publishing House, 2005. – 160p.
5. Rules for the operation of consumer electrical installations. - М, 2004. - 286 p.
6. Intersectoral rules on labor protection (safety rules) during the operation of electrical installations. - М., 2005. - 354 p.
7. Akimova N.A. Installation, technical operation and repair of electrical and electromechanical equipment / N.A. Akimova, N.F. Kotelenets, N.I. Sentyurikhin; under. total ed. N.F. Kotelets. - М.: Mastery, 2002. - 296 p.
8. Kaminsky M.L. Installation of devices and automation systems / M.L. Kaminsky, V.M. Kaminsky. - М.: Higher. school; Academy, 2001. - 304 p.
9. Sibikin Yu.D. Handbook for the operation of electrical installations of industrial enterprises / Yu.D. Sibikin, M.Yu. Sibikin. - М.: Higher. school, Academy, 2001. - 248 p.
10. Sokolov B.A. Installation of electrical installations / B.A. Sokolov, N.B. Sokolov. - М.: Energoizdat, 1982. - 598 p.
11. Panteleev E.G. Installation and repair of cable lines: Handbook of an electrician / E.G. Panteleev; ed. HELL. Smirnova and others - М.: Energoatomizdat, 1990. - 288 p.
12. Handbook on the adjustment of electrical equipment of power plants and substations / N.A. Voskresensky, A.E. Gomberg, L.F. Kolesnikov and others; ed. E.S. Musaelyan. – М.: Energoatomizdat, 1984. – 344 p.

Егорова И.В., Петренко Н.В., Чайка Д.С. Организационные основы безопасности работ при монтаже электрических машин и аппаратов управления // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7 № 3(25) часть 2 с. 62–77

---

13. Operation and repair of electrical equipment and automation equipment / A.A. P tables, A.L. Vakhrameev, S.A. Ermolaev and others - М.: Kolos, 1993. 350 p.
  14. Lipkovich I.E. Personnel of electrical installations of the agro-industrial complex / Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pyatikopov S.M. // AgroEcoInfo. 2018. No. 1 (31). With. 38.
-



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МАЛЯРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

<sup>1</sup> Чанышев А. С., <sup>2</sup> Аксенов С. Г., <sup>3</sup> Пермяков А. В.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия (450077, г. Уфа, Республика. Башкортостан, ул. Карла Маркса, 12), e-mail: <sup>1</sup>1250000@rambler.ru, <sup>2</sup>serg.aksenov@yandex.ru., <sup>3</sup>Perm1560@bk.ru*

**В данной статье рассматриваются меры пожарной безопасности малярного отделения авиационного производственного предприятия. Изучаются основные положения и правила, которые действуют в данной области и которые должны безукоризненно выполняться.**

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, работы окрасочные, правила ТБП.

## FIRE SAFETY OF THE PAINTING DEPARTMENT OF THE AVIATION PRODUCTION ENTERPRISE

<sup>1</sup> Chanyshv A.S., <sup>2</sup> Aksenov S. G., <sup>3</sup> Permyakov A.V.

*Ufa State Aviation Technical University, Russia (450077, Ufa, Republic of Bashkortostan, Karl Marx str., 12), e-mail: <sup>1</sup>1250000@rambler.ru, <sup>2</sup>serg.aksenov@yandex.ru, <sup>3</sup>Perm1560@bk.ru*

**This article discusses the fire safety measures of the painting department of an aviation manufacturing enterprise. The main provisions and rules that apply in this area and which must be perfectly executed are studied.**

Keywords: fire, fire safety, painting works, TB rules At.

В настоящее время на территории нашего государства для обеспечения безопасности и эффективности проведения окрасочных работ, осуществляемых с непосредственным применением современных и инновационных технологий, действует ряд стандартов, утвержденных на государственном уровне. К таким стандартам относятся следующие: «Правила пожарной безопасности в РФ» (ППБ 01-03); ГОСТ 12.3.035-84 «Работы окрасочные. Требования безопасности», «Правил безопасности лакокрасочных производств» (ПБ 09-567-03) [3].

Подобные документы устанавливают минимальные противопожарные требования к строительству, эксплуатации, расширению, изменению и техническому переоборудованию помещений и другого оборудования, вне зависимости от формы собственности, планировки или конструкции.

Окраска обычно выполняется в специализированных цехах, расположенных отдельно от производственных линий. Стоит отметить, то на упомянутых производственных линиях

происходит подготовка рабочей поверхности, грунтовка, покраска, сушка, охлаждение, шпаклевка и шлифовка. Помимо этого, покрасочные цеха включают дополнительные прилегающие помещения. На территории рассматриваемых помещений реализуются следующие виды деятельности:

- Приготовление раствора.
- Очистка емкостей.
- Составление и распределение красок.
- Сбор отходов и очистка контейнеров.
- Центральная система очистки воды в покрасочной камере.
- Опреснение воды.
- Вспомогательное оборудование, такое как электрофорез, катафорез, автофорез, иммерсионный и струйный.

Вспомогательные объекты включают:

- Центральную диспетчерскую.
- Места для хранения.
- Аналитическую комнату.
- Автоматические системы пожаротушения.
- Трансформеры и т.д.

С целью обеспечения пожарной безопасности при выполнении малярных работ в авиационном производственном предприятии крайне необходимо учитывать возможность образования легковоспламеняющихся и взрывоопасных смесей паров краски с воздухом, а также волны давления, которые могут возникнуть при их воспламенении.

Пожары в данном случае характеризуются следующими опасностями в различных сочетаниях:

- Избыточным давлением вследствие волн сжатия при взрыве смеси или расширения продуктов сгорания при пожаре в пламени.
- Воспламенением лучистым теплом от пролитой краски.
- Остатками после удаления контейнеров с краской или легкоъемных конструкций на месте покраски.
- Токсикологическим и анестезиологическим воздействием летучих веществ краски и продуктов их пиролиза во время пожаров.

При проведении работ по проектированию, строительству, реконструкции и вводе в эксплуатацию объекта окраски в обязательном порядке проводится оценка пожарного риска. Упомянутая оценка также включает в себя и определение степени пожарной опасности для людей. Стоит отметить, что оценка пожарного риска осуществляется согласно действующим методам, закрепленным в ГОСТ Р 12.3.047-98 и ГОСТ 12.1.004-91.

Противопожарные требования к пространственному планированию и разработке соответствующих конструктивных решений окрасочных цехов, участков и дополнительных помещений определяются в полном соответствии с актуальными требованиями нормативно-технической документации. При данном процессе обязательно принимаются во внимание следующие начальные знания:

- Назначение участка и здания.
- Тип участка и здания.

- Уровень огнестойкости построек, класс конструктивной пожарной опасности зданий [2].
- Степени зон согласно Правилам устройства электроустановок.

Для определения требований противопожарной защиты необходимо принять во внимание классификацию помещений и наружных установок, закрепленной в НПБ 105-03. В данном документе определены планировки, количество этажей, площади, технического оборудования, а также противопожарная автоматика и многое другое.

Следует подчеркнуть, что для помещений лакокрасочных заводов и дополнительных специализированных помещений (например, помещения для подготовки краски), а также и для наружных технических установок категории взрывопожарной и пожарной безопасности действуют определенные требования. Данные требования закреплены в НПБ 105-03. При этом, классы зон, в соответствии с ПУЭ определяются количеством веществ и материалов, как в помещениях, так и в рамках технических процессов и определяются непосредственно их пожароопасными и взрывоопасными свойствами [4].

Здания покрасочных цехов в обязательном порядке должны иметь уровень I или II огнестойкости. При этом согласно СНиП 21-01-97\* степень пожарной опасности строительных конструкций, которые применяются в исследуемых зданиях, должна составлять С0 или С1.

Пространственное планирование и конструктивные решения, применяемые в отношении производственных и складских помещений, на территории которых проводятся соответствующие окрасочные работы, обязательно должны соответствовать ряду утвержденных требований. К данным требованиям относятся следующие: VBN V.21-01-97\*, VBN V.31-03-2001 и VBN V.31-04-2001.

Объекты, относящиеся к категории А и Б, как по взрывопожарной безопасности, так и по пожарной безопасности, в обязательном порядке должны иметь рыхлую наружную отделку. Соблюдение данного принципа закреплено в действующем СНиП 31-03-2001.

Стоит отметить, что покрасочные цеха должны располагаться отдельно от других помещений предприятия. Установление требований, которые предъявляются к ограждающим конструкциям, а вместе с тем и к противопожарным стенам осуществляется, в том числе и с учетом функциональной пожароопасности рассматриваемого сооружения, пожарной нагрузкой на него, а также огнестойкостью здания в целом и класса его конструктивной пожароопасности.

При установлении такого обстоятельства, что окрасочный цех отдельного производственного предприятия, как по взрывопожарной, как и по пожарной опасности не относится к категории А и Б, ни в коем случае не допускается его ограждение стенами на всю высоту. Данное условие применяется в случае, если высота рассматриваемого цеха (помещения) составляет от пола до низа балок, главных балок и т.д. свыше 8 м. Однако установка ограждений стенами допускается при высоте до 5 м. Стоит отметить, что такое условие допускается исключительно в том случае, если расстояние от верха стены цеха до отверстия покрасочной камеры или оборудования составляет 5 м и более.

Размещение окрасочных цехов вблизи наружных стен производственного здания или на промежуточных этажах многоэтажного производственного здания (иными словами, не верхних этажах) допускается исключительно в том случае, если соблюдение такого условия

требуется согласно генеральному плану здания, а также когда предусмотрено более рациональное планировочное решение пространства. В рассматриваемых ситуациях в обязательном порядке должны быть приняты во внимание, как организационные, так и технические меры для недопущения взрывов и последующего распространения огня по зданию. Стоит отметить, что эффективность упомянутых мер должна подтверждаться соответствующими проведенными расчетами [1].

Требуется подчеркнуть, что рабочее и аварийное вентиляционное оборудование может оставаться открытым с целью своевременной подачи лакокрасочных материалов. Однако это допускается исключительно в том случае, если полностью приняты во внимание требования пожарной безопасности, а вместе с тем исключено какое-либо вредное и негативное воздействие на организм трудящихся работников.

Работы, которые напрямую связаны с применением открытого пламени (например, сварка) должны проводиться исключительно на расстоянии 15 м и более, как от отверстия покрасочной камеры (со стороны решетки напольной вытяжки), так и от вентиляционной системы или же выхода местной вытяжки. При этом допускается проводить подобные работы на расстоянии 5 м и более. Однако такое возможно исключительно в том случае, если установлен специализированный защитный экран. При этом данный экран в обязательном порядке должен быть выполнен из специального негорючего материала, а искры и лучистое тепло от упомянутых работ, ни в коем случае не должны проникать за пределы защитного экрана [5].

Важно заметить, что окрасочные цеха имеют не только самое дорогое оборудование и самую сложную организацию процесса, но и самые строгие требования к охране труда и технике безопасности. Особый характер малярных работ требует дополнительных мер по охране труда и технике безопасности.

В процессе окраски используются легковоспламеняющиеся материалы (например, грунтовки, лаки, разбавители, обезжириватели и т.д.), что требует усиленных мер пожаротушения. В покрасочных камерах и станциях подготовки краски используются негорючие фильтрующие элементы и автоматические системы пожаротушения. Упомянутые системы подлежат обязательной установке, как на территории покрасочных камер, так и на территории цехов по подготовке краски и на территориях малярных цехов.

Современные системы вентиляции и вытяжки подлежат обязательно установке, как на территории покрасочных цехов, так и на территории малярных мастерских. Соблюдение упомянутого требования является необходимым с целью недопущения распространения дыма и предотвращения образования взрывоопасных и опасных красок. В покрасочных и сушильных камерах и станциях подготовки краски также используется огнестойкое освещение.

Эффективность окраски в окрасочных камерах и обогреваемых станциях сушки и подготовки краски связана с нагревом воздуха в режиме сушки. Большинство покрасочных камер и станций подготовки краски используют в качестве источников энергии горючие материалы (легкое масло, газ).

Исключение составляют менее распространенные покрасочные камеры и станции подготовки краски, где в качестве основного источника энергии для нагрева воздуха используется горячая вода, острый пар или электричество.

По причине довольно высокого риска возникновения пожара на исследуемых производственных предприятиях, курение на территории окрасочного цеха категорически воспрещается. Сотрудники могут курить исключительно на территории специально отведенных для этого зонах.

В зонах сварки и покраски необходимо установить, как автоматические огнетушители, так и разместить специальные средства, используемые для первичного пожаротушения (например, огнетушители, лопаты, ломы, топоры, гидранты и шланги) [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что покрасочные цеха подвержены наибольшему риску возникновения пожара, поэтому они должны быть защищены с особой тщательностью.

### Список литературы

1. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ".
2. Федеральный Закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. В.В. Терещев, Н.С. Артемьев, А.В. Подгрушный, В.А. Грачев. Пожаротушение в промышленных зданиях. Серия «Пожаротушение». Книга 2. – М.: Пожнаука.
5. Аксенов С. Г. К вопросу о принятии управленческих решений при проведении аварийно-спасательных работ и тушении пожаров в городских условиях // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2020): Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. С. 8-19.
6. Аксенов С.Г, Синагатуллин Ф.К., Багашев Д.Э. Пожарная безопасность на силовых трансформаторах // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2020): Материалы: II Всероссийской научно-практической конференции. - УГАТУ, 2020. С. 66-75.
7. Приказ МЧС России от 3 июля 2015 г. N 341 «Об утверждении свода правил «Пожарная охрана предприятий. Общие требования»»
8. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. Чем и как тушат пожар. Современные проблемы безопасности (FireSafety 2020): теория и практика: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. С. 146-151.
9. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. К вопросу об управлении силами и средствами на пожаре // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020). Материалы II Международной научно-практической конференции. - Уфа: РИК УГАТУ, 2020. С. 124-127.
10. Бушнев Г.В., Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности технологических процессов и производств /Учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019. -638 с.
11. Собурь, С. В. Пожарная безопасность предприятия: курс пожарно-технического минимума: учебное пособие / С. В. Собурь; Всемирная академия наук комплексной безопасности, Международная ассоциация «Системсервис», Университет комплексных

систем безопасности и инженерного обеспечения. – 17-е изд., перераб. и доп. – Москва: ПожКнига, 2017. – 480 с. : табл. – (Пожарная безопасность предприятия).

12. Ичмелян А. Б., Вечтомов Д. А., Краснова Л. В. Современные технологии оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19. – №. 2 (72). – С. 63-68.
13. Станкевич Т. С., Мищук Б. Р. Интеллектуальный подход к детектированию дыма как опасного фактора пожара // Вестник молодежной науки. – 2022. – №. 1 (33). – С. 11.
14. Харисова З. И. и др. О применении технических средств при расследовании пожаров // Закон и право. – 2022. – №. 8. – С. 221-225.
15. Чанышев А. С., Аксенов С. Г. Пожарная опасность малярного корпуса АО «КУМАПП» // Студенческий форум. – 2021. – С. 94.

## References

1. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 16, 2017 No. 444 "On approval of the combat regulations of fire departments, which determines the procedure for organizing fire extinguishing and conducting emergency rescue operations."
2. Federal Law of the Russian Federation of December 21, 1994 No. 69-FZ "On Fire Safety".
3. Federal Law of the Russian Federation dated July 22, 2008 No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements".
4. V.V. Terebnev, N.S. Artemiev, A.V. Podgrushny, V.A. Grachev. Fire extinguishing in industrial buildings. Series "Firefighting". Book 2. - M.: Pozhnauka.
5. Aksenov S. G. On the issue of making managerial decisions during emergency rescue operations and extinguishing fires in urban conditions // Modern problems of fire safety: theory and practice (FireSafety 2020): Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. - Ufa: RICK UGATU, 2020. pp. 8-19.
6. Aksenov S.G., Sinagatullin F.K., Bagashev D.E. Fire safety on power transformers // Modern problems of fire safety: theory and practice (FireSafety 2020): Materials: II All-Russian scientific and practical conference. - UGATU, 2020. pp. 66-75.
7. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated July 3, 2015 N 341 "On approval of the set of rules "Fire protection of enterprises. General requirements"
8. Aksenov S.G., Sinagatullin F.K. What and how to put out the fire. Modern Security Issues (FireSafety 2020): Theory and Practice: Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. - Ufa: RICK UGATU, 2020. pp. 146-151.
9. Aksenov S.G., Sinagatullin F.K. To the question of the management of forces and means in a fire // Problems of ensuring safety (Safety 2020). Materials of the II International Scientific and Practical Conference. - Ufa: RICK UGATU, 2020. pp. 124-127.
10. Bushnev G.V., Samigullin G.Kh., Kadochnikova E.N. Ensuring fire safety of technological processes and industries / Tutorial. - St. Petersburg: St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2019. -p.638
11. Sobur, S. V. Fire safety of an enterprise: a course of fire-technical minimum: a textbook / S. V. Sobur; World Academy of Sciences of Integrated Security, International Association "Systemservice", University of Integrated Security Systems and Engineering. - 17th ed.,

- revised. and additional - Moscow: PozhKniga, 2017. -p. 480 : tab. – (Fire safety of the enterprise).
12. Ichmelyan A. B., Vechtomov D. A., Krasnova L. V. Modern technologies for assessing the compliance of protection objects with fire safety requirements. - 2022. - Т. 19. - No. 2(72). – pp. 63-68.
  13. Stankevich T. S., Mishchuk B. R. Intelligent approach to detecting smoke as a fire hazard // Bulletin of youth science. – 2022. – no. 1 (33). – p. 11.
  14. Kharisova Z. I. et al. On the use of technical means in the investigation of fires // Law and Law. – 2022. – no. 8. - pp. 221-225.
  15. Chanyshv A. S., Aksenov S. G. Fire danger of the painting building of KUMAPP JSC // Student Forum. - 2021. - pp. 94.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ГАЗОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

<sup>1</sup> Мусин Р.Р., <sup>2</sup> Аксенов С. Г.,

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия (450077, г. Уфа, Республика. Башкортостан, ул. Карла Маркса, 12), e-mail:*

*<sup>1</sup>Musin.ruslan30@bk.ru, <sup>2</sup>Aksenov1566@rambler.ru*

В рамках статьи рассматривается вопрос о том, что в настоящее время, современную человеческую жизнь невозможно представить без природного газа. В связи с этим, особенно важным является обеспечение его безопасной транспортировки. Проведенный анализ опасных и вредных производственных факторов, которые происходят на предприятии, продемонстрировал, что в качестве одного из основных направлений решения рассматриваемой задачи выступает обеспечение надежной взрывной безопасности на предприятии с целью реализации процесса транспортировки природного газа.

В статье определены основные причины возникновения взрывов и пожаров на территории компрессорной станции. Помимо этого представлены расчеты различных категорий сооружений с точки зрения опасности возникновения на них взрывов и пожаров.

Автором предлагаются мероприятия, направленные на обеспечение взрывопожарной безопасности на предприятиях газотранспортной сферы. В рамках упомянутых мероприятий предложена и рассчитана автоматическая система пожаротушения, а также выявлена масса, которая требуется для огнетушителя. Помимо этого автором предложены мероприятия, направленные на улучшение контроля газа и продемонстрировано, что с целью снижения вероятности пожароопасной ситуации, используемые на предприятиях газотранспортной сферы газоанализаторы, в обязательном порядке должны быть заменены на инфракрасные газоанализаторы.

В завершении автор пришел к выводу, что реализация представленных мероприятий предоставит уникальную возможность существенно увеличить пожарную безопасность на территории таких объектов, которые относятся к газотранспортной сфере.

Ключевые слова: газотранспортные предприятия, взрывопожаробезопасность, компрессорные станции, системы автоматического пожаротушения, газоанализаторы.

## FIRE SAFETY AT A GAZ TRANSMISSION ENTERPRISE

<sup>1</sup>Musin R. R., <sup>2</sup>Aksenov S. G.

*Ufa State Aviation Technical University, Russia (450077, Ufa, Republic of Bashkortostan, Karl Marx str., 12), e-mail: <sup>1</sup>Musin.ruslan30@bk.ru, <sup>2</sup>Aksenov1566@rambler.ru*

The article deals with the fact that at present, modern human life is impossible to imagine without natural gas. In this regard, it is particularly important to ensure its safe transportation. The analysis of dangerous and harmful production factors, which take place at the enterprise, demonstrated that one of the main directions of solving the considered problem is to ensure reliable explosion safety at the enterprise in order to implement the process of natural gas transportation.

The article identifies the main causes of explosions and fires on the territory of the compressor station. In addition, calculations of various categories of structures in terms of danger of explosions and fires on them are presented.

The author proposes measures aimed at ensuring explosion and fire safety at the enterprises of the gas-transportation sphere. Within the framework of the mentioned measures, an automatic fire-extinguishing system is proposed and calculated, and the mass required for a fire extinguisher is revealed. In addition, the author proposed measures aimed at improving gas control and demonstrated that in order to reduce the likelihood of a fire hazardous situation, gas analyzers used in gas transportation enterprises, must necessarily be replaced by infrared gas analyzers.

In conclusion, the author concluded that the implementation of the presented measures will provide a unique opportunity to significantly increase fire safety in the territory of such facilities, which belong to the gas transportation sphere.

Keywords: gas transportation enterprises, explosion and fire safety, compressor stations, automatic fire extinguishing systems, gas analyzers.

## Введение

В настоящее время, современную человеческую жизнь невозможно представить без природного газа. В связи с этим, особенно важным является обеспечение его безопасной транспортировки. В большинстве своем, за счет надежности и эффективности предпринимательской деятельности обеспечивается стабильное развитие исследуемой отрасли.

Каждое современное производство выступает в качестве источника вредных факторов и опасных факторов, в том числе особо опасных. Стремительное внедрение инновационных, экологически чистых, а также энергоэффективных технологий и оборудования, появление новых и оптимизация действующих производств влечет за собой переход на определенно новый уровень принятия решения с целью проведения профилактических мероприятий профессиональных заболеваний и травм. Вместе с тем оптимизация задач активного управления качеством производственной среды является возможной исключительно с учетом адекватной оценки ее отрицательных факторов.

Рассматриваемые агрегаты относятся к довольно опасным производственным объектам. Стоит отметить, что территории данных объектов осуществляется хранение и транспортировка различных опасных веществ, а вместе с тем применяется специализированное оборудование высокого давления и соответствующее электрическое оборудование.

Проведенный анализ опасных и вредных производственных факторов, которые происходят на предприятии, продемонстрировал, что в качестве одного из основных направлений решения рассматриваемой задачи выступает обеспечение надежной взрывной безопасности на предприятии с целью реализации процесса транспортировки природного газа.

Принимая во внимание результаты анализа основного и вспомогательного специализированного оборудования, а кроме того результаты опасных и вредных производственных факторов предприятий исследуемой сферы удается решить довольно большой перечень различных задач. К данным задачам относятся следующие:

- выявление основных причин, которые способствуют возникновению пожаров и взрывов на территории компрессорной станции;
- выполнение соответствующего расчета для определения категории взрывоопасности основного специализированного производственного оборудования, используемого на предприятии;
- выполнение расчета, который позволяет определить соответствующую категорию сооружения, точки зрения опасности возникновения на нем взрыва или пожара;

- развитие взрывозащищенных событий, которые могут произойти на газотранспортной установке.

Стоит отметить, что проведение оценки наступления возможного взрыва технологических процессов, блоков, а также и сооружений требуется для установления всевозможных отрицательных последствий, которые могут возникнуть в результате пожара или взрыва. Помимо этого, проводимая оценка позволяет определить ряд факторов влияния пожаров и взрывов, которые отрицательно сказываются на людях. В непосредственной зависимости от категории опасности наступления взрыва, на предприятии формируются соответствующие решения для планирования его объема, а также разрабатываются необходимые профилактические мероприятия.

Современная система защиты от наступления взрыва на предприятии включает в себя следующие составляющие [1]:

- мероприятия, которые способствуют устранению дезактивации специализированного оборудования, а также предупреждение о возможных выбросах опасных веществ и особо опасных веществ в атмосферу;
- мероприятия, которые способствуют предотвращению дальнейшего развития негативных ситуаций;
- мероприятия, способствующие обеспечению на территории исследуемых предприятий взрывной защиты;
- применение на предприятии автоматических систем регулирования, сигнализации и других средств, направленных на его защиту и безопасность.

Рассмотрим действия, которые способствуют отключению дезактивации специализированного оборудования, используемого на предприятии, а также мероприятия, направленные на предупреждение о возможных выбросах опасных веществ и особо опасных веществ в атмосферу [2].

На основании действующих требований СНиП 2.05.06-85 «Основные трубопроводы» и «Инструкции по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности» определено, что трубы, необходимые для технологических трубопроводов выбираются с учетом требований, указанных в них, а также в непосредственной зависимости от отдельных и особенных условий трубопровода [4].

При этом фланцевые соединители на используемом оборудовании и фланцы, применяемые для его фиксации, регулирования и безопасности применяются исключительно с уплотненными поверхностями х.

Отдельно отметить, что на газопроводах и трубопроводах контроль осуществляется в отношении всех сварных соединений. Данный контроль реализуется посредством использования взрывоопасных и токсичных веществ.

При этом, применение формованных соединительных частей трубопровода (например, краны, тройники, переходы) заводского производства было испытано на объектах, которые относятся к газотранспортной сфере.

Подчеркивается, что оснащение специализированного технологического оборудования абсолютно всеми элементами управления, автоматизацией, защитными фитингами (предохранительными, обвоенными клапанами и т. д.) способствует обеспечению наибольшей надежности, а также достижению безаварийности при его эксплуатации [3].

Для обеспечения защиты от коррозии подземные участки газопровода подлежат обязательному покрытию внешним полимерным покрытием, а также применяются станции катодной защиты. Также для обеспечения безопасности проводятся гидравлические испытания, как прочности, так и плотности смонтированных трубопроводов со специальным оборудованием. При этом контроль уровня вибрации на турбокомпрессорах НРА осуществляется посредством использования соответствующих вибрационных датчиков [4].

Контроль за заменой сотрудников кровеносных сосудов высокого давления и газа АВО с целью обеспечения дифференциального давления и эрозийного износа.

Принимая во внимание оперативные сведения о существующих различиях в давлении трубопровода, метанол вливается в трубопровод с целью разрушения пробок кристаллических гидратов.

Следует проводить своевременный осмотр, как трубопроводов, так и арматуры (отмечается, что частота обхода составляет два раза в смену), а также осуществлять техническое обслуживание и необходимые текущие ремонтные работы. Подчеркивается, что объем и условия обслуживания, а также проведение ремонтных работ определяются на основе утвержденных правил, предоставленных инструкций производителя, проектом, а также общим техническим состоянием, как здания в целом, так и используемого оборудования в частности. При всем при этом, ремонт запланированного предупреждения реализуется непосредственно на основании утвержденных руководством планов и календарных графиков [5].

С некоторой периодичностью на предприятиях исследуемой сфере проводится соответствующая диагностика, как трубопроводов, так и арматуры. Данная диагностика включается в комплекс мероприятий, которые способствуют предотвращению дальнейшего развития негативных ситуаций. Стоит подчеркнуть, что недопущения дальнейшего развития несчастных случаев, а также локализация выбросов опасных веществ в СОР реализуется посредством вынужденной остановки НРА или всей компрессорной мастерской. Помимо этого, предотвращение указанных последствий осуществляется посредством соответствующей перестройки кранов в соединениях НРА и кранах по территории всего нашего государства посредством НРА, а вместе с тем целых систем управления и систем управления кранами по территории всего государства «Vega-2».

Следует отметить, что к защитам относятся следующие: разность в давлении «газ-масло», превышение изъятия, тушение Факела в камере сгорания, перегрев газа в цепи нагнетателя и многие другие или же, когда оператор активировал команду «аварийная остановка ГПА». При проведении активации одной из упомянутых выше защит была остановлена работа ГПА с травлением газа из цепи нагнетателя.

Для того чтобы полностью предотвратить развитие таких аварий, которые напрямую связаны с отключением трубопровода в КС или же соединительного узла, система управления предоставляет соответствующий ключ аварийной остановки станции (Kaos). Данный ключ располагается на главном экране управления (GSCHU). Указанный экран, в свою очередь, включает инженер-заменитель при выявлении какой-либо чрезвычайной ситуации. В качестве примера можно привести следующее: внезапное падение давления.

Согласно представленному выше случаю, на протяжении 2-3 минут (в непосредственной зависимости от давления газа) осуществляется его гравировка от всех существующих технологических коммуникаций КС. Если будет зафиксирована потеря управления краном по

причине повреждения кабелей или же отсутствия питания, то тогда краны подлежат «ручному» перемещению с собственных узлов управления. При таком раскладе, время полной разрядки связи возрастает на временной период, не превышающий 20 минут.

Вместе с тем машинист технологического комплекса получает соответствующую команду для того, чтобы провести проверку закрытия кранов на месте, а также открыть смесители для проведения газового травления свечей непосредственно с места МГ между указанными кранами.

Централизованные системы управления и контроля предоставляют уникальную возможность выдавать соответствующие управляющие сигналы, которые направлены на локализацию возникающих чрезвычайных ситуаций.

Следовательно, функционирующие системы дистанционного управления предоставляют возможность недопустить эскалацию аварийного процесса на территории исследуемых предприятий в случае аварии, а вместе с тем максимально ограничить количество аварийных выбросов в атмосферу.

В завершении особо отметим автоматические системы управления, сигнализации и ряду других специализированных противопожарных систем. Рассматриваемые системы способствуют эффективному обеспечению автоматического контроля параметров потенциально опасных элементов. Стоит отметить, что обеспечение данного контроля осуществляется посредством использования АСУ, централизованных систем управления, а также и контроля компрессорных цехов. Они, в свою очередь, включают в себя подсистемы сбора информации, подсистемы обработки измерительных данных, а также выдачи технологических, предупреждающих, сигнальных и управляющих воздействий.

На сегодняшний день, актуальность решения проблемы обеспечения взрывозащиты на территории транспортных газовых установок не вызывает абсолютно никак сомнений. Это обуславливается тем аспектом, что это напрямую сопряжено с наличием в упомянутых установках различных опасных и вредных производственных факторов.

В соответствующем документе установлены основные причины возникновения пожаров и взрывов на территории компрессорной станции. Помимо этого выполнены расчеты категорий взрывоопасности, как основного производственного оборудования, так и сооружений для взрыва. Также разработаны и представлены мероприятия, направленные на обеспечение безопасности от взрывов.

Для того чтобы максимально сократить риск возникновения пожара, каталитические газоанализаторы необходимо достаточно оперативно и своевременно заменять на нестабильные. Стоит отметить, что данная замена должна осуществляться тогда, когда вопрос касается инфракрасных газоанализаторов.

Реализация представленных мероприятий предоставит уникальную возможность существенно увеличить пожарную безопасность на территории объектов, относящихся к газотранспортной сфере.

### Список литературы

1. Аксенов С. Г., Михайлова В. А. Пожары вертикальных стальных резервуаров в 2016-2018 гг. // Проблемы обеспечения безопасности. – Уфа: РИК УГАТУ, 2019. С.49-52.
2. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ/ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: — Введ. 01.01.91. — М.: Гос. комитет по стандартам, 1991. — 156 с.
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования: — Введ. 01.07.92. — М.: Гос. комитет по стандартам, 1992. — 108 с.
4. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов: РД 08-120-96: утв. Госгортехнадзором России 12.07.96. — М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1996. — 28 с.
5. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

### References

1. Aksenov S. G., Mikhailova V. A. Fires of vertical steel tanks in 2016-2018. // Security issues. - Ufa: RICK UGATU, 2019. pp.49-52.
  2. GOST 12.1.044-89 SSBT / Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods for their determination: - Introduction. 01/01/91. - M .: State. standards committee, 1991. - 156 p.
  3. GOST 12.1.004-91 SSBT. Fire safety. General requirements: - Introduction. 07/01/92. - M .: State. standards committee, 1992. - 108 p.
  4. Guidelines for risk analysis of hazardous industrial facilities: RD 08-120-96: approved. Gosgortekhnadzor of Russia 12.07.96. - M.: NTC "Industrial safety", 1996. - 28 p.
  5. Federal Law of December 21, 1994 No. 69-FZ "On Fire Safety".
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## АВТОБЛОКИРОВКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

<sup>1</sup>Зверев М.В., <sup>2</sup>Власюк А.В., <sup>3</sup>Худов П.Б., Колмаков В.О.

*Красноярский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (660028 Красноярский край, Красноярск ул. Ладос Кецоховели, 89), e-mail: <sup>1</sup>olga.zvereva.88@mail.ru, <sup>2</sup>vla178999@yandex.ru, <sup>3</sup>hudov.pavel90@yandex.ru*

В статье рассматриваются возможности по повышению эффективности системы. Автоблокировка нового поколения построена на основе разработанного датчика контроля (далее по тексту ДК), который заменил две функции рельсовых цепей: фиксирует проходящие подвижные единицы с точными координатами и другой информации; принимает и передаёт информацию одновременно по нескольким каналам, непрерывно, достоверно, постоянно обновляясь, приоритетно, зашифрованная и защищенная, в том числе от киберугроз. С внедрением новой системы на участках железной дороги: существенно увеличивается пропускная способность участков железных дорог, повышается производительность труда, уменьшаются инвестиционные и эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: автоблокировка на перегоне, датчики контроля, бортовой локомотивный самостоятельный центр управления безопасностью, единый функциональный комплекс микропроцессорной сигнализации, каналы связи.

## NEXT GENERATION AUTO LOCK

<sup>1</sup>Zverev M.V., <sup>2</sup>Vlasyuk A.V., <sup>3</sup>Khudov P.B., Kolmakov V.O.

*Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk State University of Communications" (660028 Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk, Lado Ketskhoveli St., 89), e-mail: <sup>1</sup>olga.zvereva.88@mail.ru, <sup>2</sup>vla178999@yandex.ru, <sup>3</sup>hudov.pavel90@yandex.ru*

The article discusses the possibilities for improving the efficiency of the system. The new generation auto-lock is built on the basis of the developed control sensor (hereinafter referred to as DC), which replaced two functions of track circuits: captures passing moving units with accurate coordinates and other information; receives and transmits information simultaneously through several channels, continuously, reliably, constantly updated, priority, encrypted and protected, including from cyber threats. With the introduction of the new system on railway sections: significantly increases the capacity of railway sections, labor productivity increases, investment and operating costs are reduced.

Keywords: automatic blocking on the stage, control sensors, on-board locomotive independent security control center, unified functional complex of microprocessor signaling, communication channels

В настоящее время эксплуатируемые в железнодорожном транспорте Автоматическая Блокировка на перегонах, в основе которых блок-участки, оборудованные различными

рельсовыми цепями, имеют большое количество напольных устройств и требуют значительных затрат на их техническое обслуживание.

В последние годы появились новые технологии, такие как цифровые, микропроцессорные, спутниковые, сотовая связь, волоконно-оптические линии связи и др. На их основе и спроектирована автоматическая блокировка нового поколения (Рисунок 1), в элементной базе которой полностью отсутствуют медножильные кабели, питающие линии электропередач, нет реле и светофоров. Она полностью удовлетворяет требованиям безопасности, надежности, функциональности и эффективности. [4]

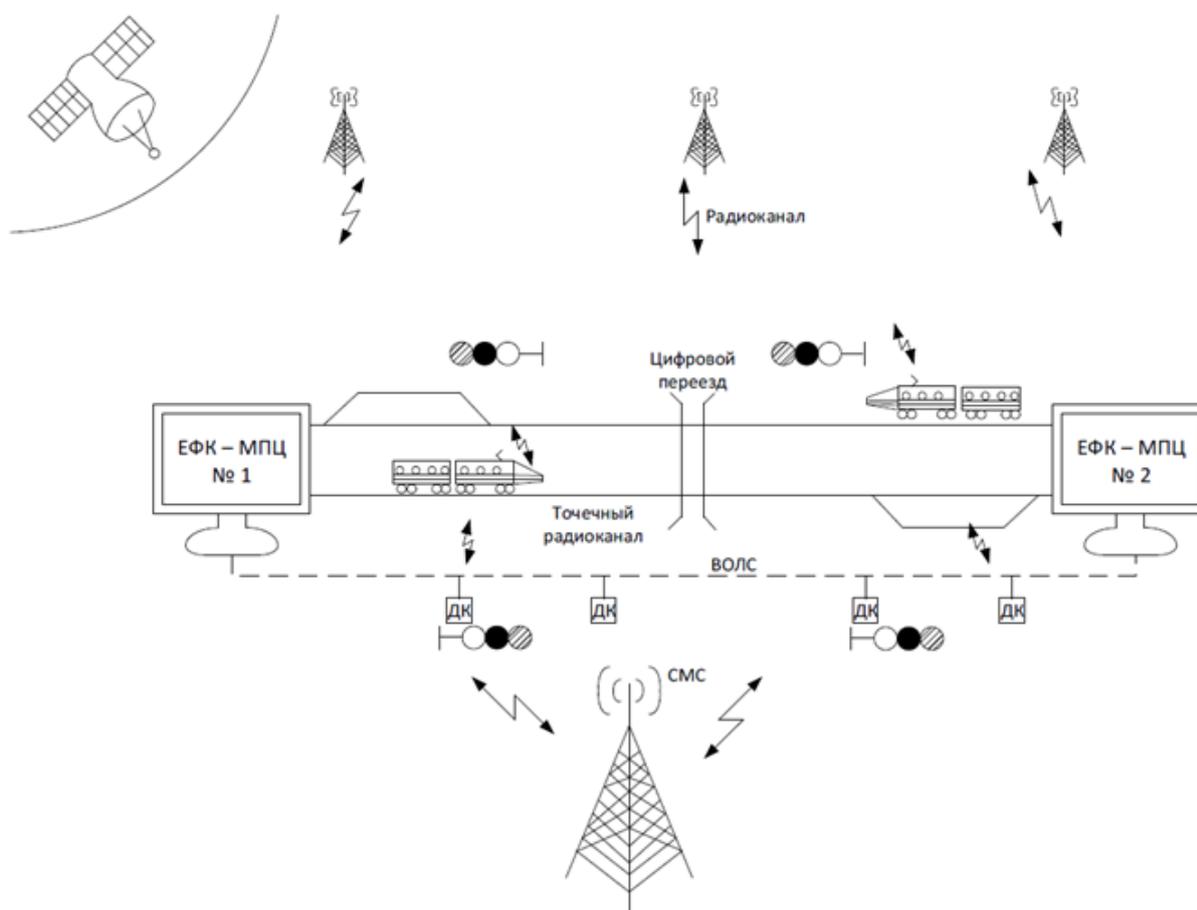


Рисунок 1 – Автоблокировка Нового Поколения

Предлагаемая система включает:

- рельсовые цепи;
- подсистемы дефектоскопии на локомотивах для обнаружения дефектов в рельсовых цепях на ранних стадиях;
- Допплеровский измеритель скорости следования и радиолокационный измеритель скорости для определения скорости и направления следования подвижного состава и точных координат;
- волоконно-оптические линии связи для обмена информацией между датчиками контроля и единым функциональным комплексом - микропроцессорной централизацией №1 и №2.

Под эффективностью понимается:

- существенное увеличение пропускной способности участков железных дорог, оборудованных этой системой, за счет уменьшения времени попутного следования составов с классических 10-15 мин до 1,5-3 мин;
- повышению производительности труда - в разы;
- уменьшению инвестиционных и эксплуатационных затрат, за счет относительно небольшого, мало обслуживаемого оборудования в рассматриваемой системе. [2]

В рамках предлагаемой системы на рельсовые цепи возложено три функции.

1. Определение свободности/занятости блок-участка подвижной единицей.
2. Передача сигнала на локомотивы о состоянии впереди лежащих блок-участков.
3. Контроль целостности рельсовых линий на излом, либо изъятие рельса. Опыт

эксплуатации показал, эту функцию Рельсовые Цепи выполняют не совсем качественно и эффективно, так в шунтовом режиме вообще нет работы, а появление трещин в подошве рельсов, либо нарушение поверхности катания рельсов, рельсовые цепи не фиксирует.

Предлагается оборудовать локомотивы подсистемами дефектоскопии, где обнаружение дефектов будет производиться на более ранних стадиях в условиях интенсивного, смешанного железнодорожного движения и передачи точных координат в единый функциональный комплекс микропроцессорной централизации будет значительно надежно и эффективно.

Две первых функции рельсовых цепей, в рассматриваемой системе выполняют разработанный датчик контроля, его устройство условно разделено, для выполнения этих двух функций. Датчики контроля формируют информацию о состоянии объектов управления в виде «объект включен - объект выключен», «участок занят - участок свободен», «сигнал есть - сигнала нет», «параметр в норме - параметр не в норме», «объект исправен - объект неисправен» и т.п. [1]

Определение подвижной единицы с точными координатами до одного метра, скорости и направления следования, предлагается выполнять с помощью доплеровского измерителя скорости следования и радиолокационного измерителя скорости. [1]

Передачей и приемом информации между Датчиком Контроля и локомотивами происходит по точечному высокоскоростному цифровому радиоканалу с помощью миниатюрного приемопередатчика с зоной действия 6 км, т.е с перекрытием, так как Датчики Контроля устанавливаются на светофорных мачтах, а расстояние между светофорами не более 2,6 км.

Обмен информацией между датчиками контроля и единым функциональным комплексом – микропроцессорной централизацией №1 и №2 осуществляется по волоконно-оптической линии связи непрерывно (основной канал связи), а также по двум другим резервным каналам связи.

Резервные каналы связи, рассматриваемые в системе (сотовая SMS связь и радиоканал) обеспечивают надежную, достоверную, закодированную, бесперебойную прямо-передачу информации, как минуя датчики контроля, так и через них. [3]

В рамках системы определен следующий приоритет передачи информации: служебного торможения, скорости, расстояние до последнего вагона впереди идущего поезда. Информация кодируется, защищена, поступает одновременно на №1 и №2.

Предполагается часть датчиков контроля оборудовать не только модемами, но и подсистемами аудио-видео распознавания, такие датчики контроля будут монтироваться на

проблемных участках железных дорог, с целью контроля схода лавин, селей, размыва насыпи и др.

В ходе опытной эксплуатации предлагается внедрение системы в качестве резервной для испытаний и исследований на «узких» участках железных дорог и там, где заканчивается «жизненный цикл» эксплуатируемой в настоящий момент системы.

В ходе опытной эксплуатации новая система дорабатывается, обслуживающий персонал получает опыт эксплуатации, после чего система допускается к работе в качестве основной, типовая система переходит в резерв, дорабатывая свой жизненный цикл.

Ограниченность статьи не позволяет рассмотреть другие элементы системы.

1. Современные бортовые комплексы на локомотивах, комплекс локомотивных устройств безопасности или безопасный локомотивный объединенный комплекс с системами спутниковой навигации, электронными картами, дисплеем, отображающим всю поездную ситуацию, для машинистов с функцией подтверждения приема информации и т.д. Эти комплексы принимают сигналы от типовых систем, автоматически переключаясь при выходе из зоны автоматической блокировки нового поколения на сигнал автоматической локомотивной сигнализации. [4]

2. Системы переездной сигнализации, рассматриваемой в Автоматической Блокировке Нового Поколения как «цифровой переезд», с современной элементной базой, без единого реле. Переезд работает в режиме как охраняемого, так и без дежурного по переезду. Закрытие и открытие переезда осуществляется с учетом скорости, веса и длины состава. Участники на переезде оповещаются по электронному табло о времени закрытия и открытия переезда. Машинист локомотива на дисплее видит всю ситуацию на переезде приближаясь к нему и др.

3. Системы постоянного мониторинга параметров устройств по беспроводным каналам связи, удаленного управления объектами на малых станциях, находящихся в зоне ответственности единого функционального комплекса-микропроцессорной централизации. Разработанные объектные контроллеры. Счетчики учета работы циклично работающих устройств, для перехода на техническое обслуживание по состоянию.

В новой системе центр управления автоматической блокировки нового поколения совмещен со станционной, что указывает его название - единый функциональный комплекс микропроцессорной централизации.

Информация с нижнего уровня - перегона, непрерывно, постоянно, одновременно поступает на №1 и №2, то есть на две смежные станции второго, условного уровня, в перспективе, трёх уровневой цифровой железной дороги Российской Федерации.

В случае сбоя в работе на №1, управление автоматически переходит на управление с №2. Эта кольцевая архитектура обеспечивает высокую отказоустойчивость системы и бесперебойность железнодорожного сообщения.

Программное обеспечение системы – логическое, с защитой от киберугроз, отечественной разработки, информация кодируется и др. [3]

Оборудование отечественное, изготовленное по техническим заданиям на предприятиях, имеющих опыт в этой области.

Подобные системы, на основе новых технологий, существуют и успешно работают в Америке, Европе, Белоруссии, Казахстане, Монголии и других странах. В нашей железнодорожной державе, в силу боязни и консерватизма, этот процесс идет медленно.

Должна быть конкуренция систем, анализ их плюсов и минусов, с учетом опыта эксплуатации зарубежных систем.

### Список литературы

1. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник: в 2ч./ А.В. Горелик, Д.В. Шалягин, Ю.Г. Боровков, В.Е. Митрохин и др.: под ред. А.В. Горелика. – М.: ФГБОУ «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019 - ISBN 978 – 5 – 9994 – 0082 - 6
2. Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте: учеб. пособие/ В.В. Сапожников. – М.: ФГБОУ «Учебно - методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. – 288с. - ISBN 978 – 5 – 9994 – 0004 - 8
3. Федорчук А.Е., Сепатый А.А., Иванченко В.Н. Автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК – СЦБ): учеб. пособие. – [2-е стер. изд.]. – М.: ФГБОУ «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. – 400с. - ISBN 978 – 5 – 89035 – 764 - 9
4. Системы интервального регулирования движения поездов на пере-гонах: учебное пособие / А.Б. Бойник, С.В. Кошевой, С.В. Панченко, В.А. Сотник. Харьков: УкрГАЗТ, 2019. 256 с.

### References

1. Systems of railway automation, telemechanics and communications: textbook: at 2 pm / A.V. Gorelik, D.V. Shalyagin, Yu.G. Borovkov, V.E. Mitrokhin and others: ed. A.V. Gorelik. - M. : FGBOU "Educational and methodological center for education in railway transport, 2019 - ISBN 978 - 5 - 9994 - 0082 - 6
  2. Automation and telemechanics in railway transport: textbook. allowance / V.V. Sapozhnikov. - M. : FGBOU "Educational and methodological center for education in railway transport", 2020. - 288p. - ISBN 978-5-9994-0004-8
  3. Fedorchuk A.E., Sepaty A.A., Ivanchenko V.N. Automation of technical diagnostics and monitoring of ZhAT devices (ADK-STsB system): textbook. allowance. – [2nd ster. ed.]. - M. : FGBOU "Educational and methodological center for education in railway transport", 2018. - 400p. - ISBN 978-5-89035-764-9
  4. Systems of interval regulation of train traffic on hauls: textbook / A.B. Boynik, S.V. Koshevoy, S.V. Panchenko, V.A. Centurion. Kharkiv: UkrGAZHT, 2019. 256 p.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПРИ ОСМОТРЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ И КОНТРОЛЬ ЗА ИХ РАБОТОЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

<sup>1</sup>Липкович И.Э., <sup>2</sup>Егорова И.В., <sup>3</sup>Петренко Н.В., Чайка Д.С.

*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде, Россия (347740, г. Зерноград, Ростовская область, ул. Советская ул., 21), e-mail:*

*<sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru, <sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru, <sup>3</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**В статье рассмотрены особенности проведения технического обслуживания электроприводов, являющиеся, на наш взгляд, важным этапом в эксплуатации. Данные операции требуют четкую последовательность выполнения работ в строгом соблюдении мер безопасности.**

---

Ключевые слова: безопасность; контроль; электропривод; техническое обслуживание; электродвигатель

## ORGANIZATIONAL BASES OF WORK SAFETY DURING INSPECTION OF ELECTRIC ACTUATORS AND CONTROL OF THEIR WORK DURING MAINTENANCE

<sup>1</sup>Lipkovich I.E., <sup>2</sup>Egorova I.V., <sup>3</sup>Petrenko N.V., Chaika D.S.

*Azov-Chernomorsk Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University in Zernograd, Russia (347740, Zernograd, Rostov region, ul. Sovetskaya St., 21), e-mail: <sup>1</sup>lipkovich012@yandex.ru,*

*<sup>2</sup>orishenkoirina@mail.ru, <sup>3</sup>petrenko.new@mail.ru*

---

**The article discusses the features of the maintenance of electric drives, which, in our opinion, is an important stage in operation. These operations require a clear sequence of work in strict observance of security measures.**

---

Keywords: security; control; electric drive; Maintenance; electric motor.

Согласно ГОСТ 20911–89 при техническом обслуживании электроприводов проводят их осмотр и контроль за работой в сроки, предписанные планово-предупредительным ремонтом (ППР). Электроприводы осматривают тем чаще, чем тяжелее условия работы, например большая длительность разгона электродвигателя, частые пуски, высокая температура окружающей среды. Конструкция электродвигателей также может влиять на требуемую периодичность их осмотров. Кроме того, при установлении периодичности осмотров надо учитывать и техническое состояние электродвигателей, например степень их изношенности.

При осмотре во время обходов электроприводов проверяют температуру нагрева двигателей; следят за тем, чтобы они содержались в чистоте и вблизи них не находилось бы ненужных предметов, особенно опасных в пожарном отношении; наблюдают, чтобы пуск и останов электродвигателей производились производственным персоналом по инструкции и электродвигатели не работали вхолостую; контролируют напряжение электросети, которое

должно находиться в пределах 95–110 % от номинального; проверяют в подшипниках, реостатах и пусковой аппаратуре уровень масла; обращают внимание на исправность ограждений, препятствующих случайным прикосновениям к вращающимся частям электропривода; устраняют мелкие неисправности и проводят наружную очистку электродвигателей [1].

Некоторые предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин приведены в Таблице<sup>о</sup>1.

Таблица<sup>о</sup>1 – Предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин

п/п	Части электрической машины	Класс нагревостойкости					
		В		F		H	
		Превышение температуры. °С, при измерении различными методами					
		термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением	термометром	сопротивлением
1	Обмотки: переменного тока машин мощностью менее 5000 кВт- А или с длиной сердечника менее 1 м; возбуждения машин постоянного тока, кроме указанных в п. 2, 3 настоящей таблицы; якорные, соединенные с коллектором	70	80	85	100	105	125
2	Однорядные обмотки возбуждения с оголенными поверхностями	90	90	110	110	135	135
3	Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев, и компенсационные обмотки	80	80	100	100	125	125
4	Сердечники и другие стальные части, соприкасающиеся с изолированными обмотками	80	–	100	–	125	–
5	Коллекторы и контактные кольца – незащищенные и защищенные	80	–	90	–	100	–

Контроль нагрева производят, измеряя температуру доступных частей – корпуса электродвигателя, крышек подшипников, коллектора, контактных колец. Температуру определяют с помощью переносного термометра, прикладываемого сразу после останова электродвигателя к той его части, температуру которой измеряют. Конец термометра при измерениях обертывают фольгой, прикладывают к измеряемой части электродвигателя и закрывают слоем ваты, для уменьшения отдачи теплоты в окружающую среду [1, 2].

Основной причиной, вызывающей превышение температуры электродвигателей выше предельно допустимой, является его перегрузка, поэтому при работе электро-

двигателей, а также регулировке технологического процесса следят за показаниями амперметров, которые устанавливают в цепь статора.

На работу электродвигателей существенно влияет напряжение питающей сети: повышение напряжения сети приводит к увеличению намагничивающего тока и потерям в меди и стали, что вызывает превышение температуры выше предельно допустимой; понижение напряжения сети уменьшает момент вращения, что вызывает увеличение тока и тоже превышение температуры. Учитывая это, при эксплуатации электродвигателей контролируют напряжение питающей сети.

Ухудшение изоляции обмоток при эксплуатации электродвигателя со временем может привести к коротким замыканиям между обмотками, а также к замыканиям обмоток на корпус электродвигателей. Для предотвращения указанных явлений и связанных с ними выходов электродвигателей из строя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток мегаомметрами. Сроки таких проверок зависят от местных условий и технического состояния электродвигателя. Кроме периодических проверок проводят и внеочередные, устраиваемые после продолжительных перерывов в работе электродвигателей, после попадания на них воды и в тех случаях, когда возникает опасение в ухудшении состояния изоляции обмоток [3].

В процессе эксплуатации электроприводов могут возникать явления, при которых электродвигатель необходимо отключить от сети. К ним относятся: появление дыма или огня из электродвигателя или его аппаратуры; несчастный случай с человеком- требующий останова электродвигателя; вибрация, угрожающая целостности электродвигателя; поломка приводного механизма; нагрев подшипников сверх допустимого; снижение оборотов электродвигателя, сопровождаемое быстрым его нагревом.

При осмотрах электроприводов обращают внимание на вибрацию и при необходимых случаях ее замеряют.

**Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников качения в электрических машинах.** При техническом обслуживании электрических машин контролируют работу подшипникового узла внешнего осмотра, измерения температуры нагрева, прослушивания шума и определения вибрации. Температуру нагрева измеряют термометрами или термопарами, которые прикладывают к месту, расположенному близко к подшипнику. Нагрев подшипников не должен превышать 100 °С. Шум прослушивают стетоскопом или на слух без приборов. Вибрацию измеряют виброметром или определяют на ощупь рукой [3].

Порядок проведения работ зависит от многих причин, в том числе от конструкции машины и подшипникового узла. В старых сериях электрических машин постоянного и переменного тока и в некоторых машинах новых серий наиболее часто используют конструкцию подшипникового узла, показанного на Рисунке<sup>о</sup>1.

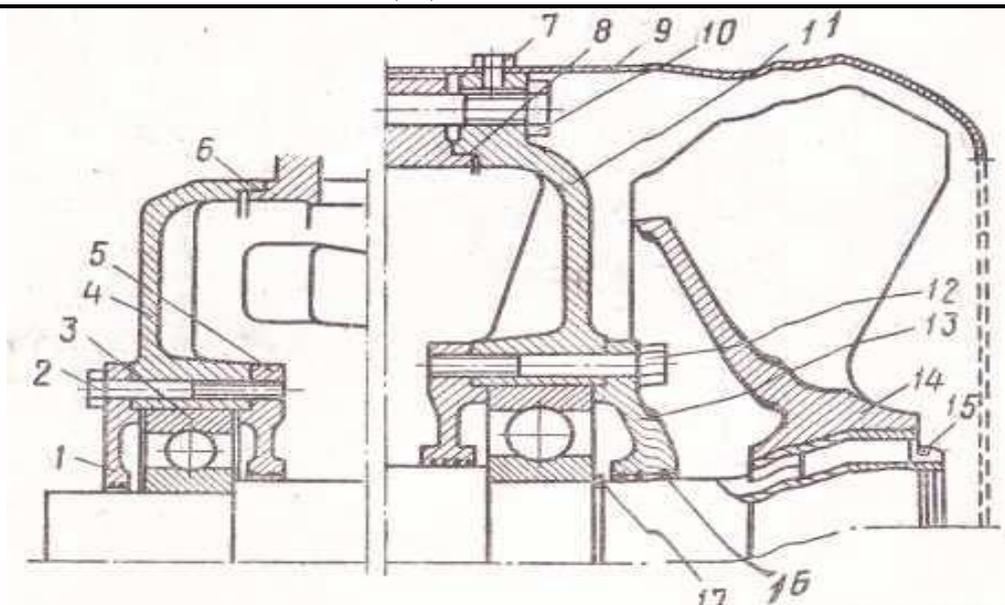
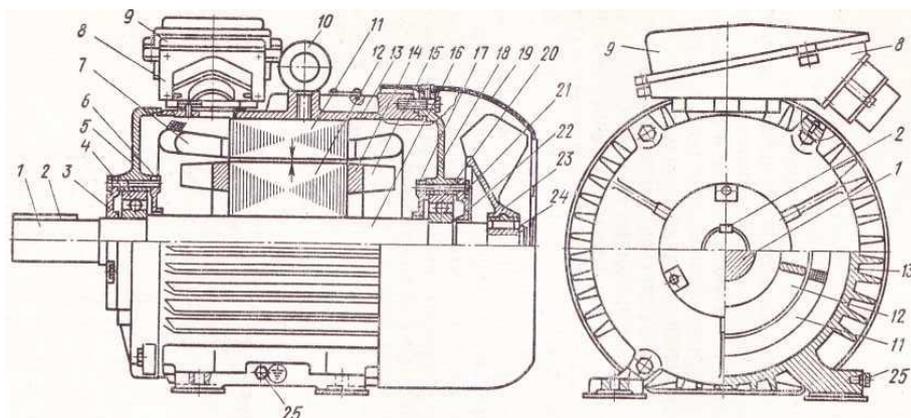


Рисунок 1 – Конструкция подшипникового узла, смазка которого пополняется при разборке

Конструкция асинхронного двигателя, в которой применен подобный узел, показана на Рисунке 2.

Для замены смазки или подшипников двигатель необходимо разобрать и извлечь ротор из статора. Для разборки двигатель отсоединяют от приводного механизма и с него снимают муфту или шкив. Двигатель разбирают в следующем. Отворачивают болты 7 и снимают кожух вентилятора 9. Снимают пружинную шайбу 15 и съемником стягивают вентилятор 14 с вала. Для этого в стальной втулке 1 вентилятора (рисунок 3) имеются два резьбовых отверстия 2, в которые ввертывают два болта 4; при этом головки упираются в планку 3. При завертывании болта 5 в планку он упирается в вал, а планка 3 в головки болтов 4, и вентилятор стягивается с вала. Затем отворачивают болты 10 и легкими ударами молотка через мягкую прокладку снимают щит подшипника 11. Подшипниковый щит должен сначала сойти с замка на корпусе 8, а затем с наружной обоймы подшипника. С другой стороны, разборку начинают с отворачивания болтов 2 и снятия крышки подшипника 1. Отворачивают болты, крепящие щит подшипника, и снимают щит подшипника сначала с замка статора 6, а затем с наружной обоймы подшипника 3. Из статора извлекают ротор и устанавливают на деревянную подставку. Роторы небольшой массы можно извлечь руками. При большой массе ротора используют различные приспособления [3, 4].



1 – выходной конец вала; 2 – шпонка; 3, 6 – наружная и внутренняя крышки переднего подшипникового щита; 4, 20 – передний и задний подшипники; 5, 18 – передний и задний подшипниковые щиты; 7 – обмотка статора; 8 – корпус коробки выводов; 9 – крышка коробки выводов; 10 – грузовой болт; 11 – сердечник статора; 12 – сердечник ротора; 13 – корпус; 14 – короткозамкнутая обмотка ротора; 15 – вентиляционные лопатки ротора; 16 – вал; 17, 21 – внутренняя и наружная крышки заднего подшипникового щита; 19 – кожух; 22, 24 – пружинные шайбы; 23 – вентилятор; 25 – болт заземления

Рисунок 2 – Асинхронный электродвигатель серии 4А с высотой оси вращения 160 мм

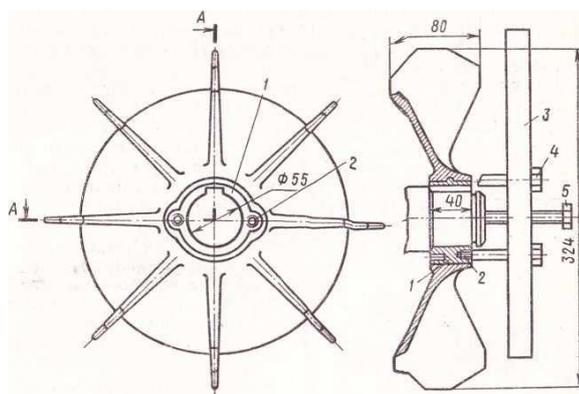


Рисунок 3 – Схема снятия вентилятора с вала электродвигателя съемником

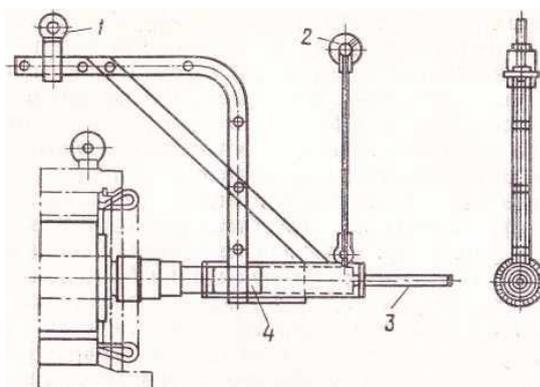


Рисунок 4 – Приспособление для ввода и вывода ротора

Для замены смазки подшипников четыре подшипниковые крышки и вал в месте посадки подшипников очищают от старой смазки и промывают бензином. Свежую смазку закладывают в подшипниковые крышки, заполняя  $2/3$  объема, и в канавки 16 (см. Рисунок 2). Затем производят сборку двигателя. При замене подшипников снимают пружинную шайбу 17 и стягивают подшипники съемником.

Для снятия шарикового подшипника с вала пользуются винтовым съемником. Как правило, подшипники не ремонтируют, так как отсутствует способ определения остаточного ресурса подшипника, а неплановый останов двигателя почти всегда обходится намного дороже, чем новый подшипник [5, 6].

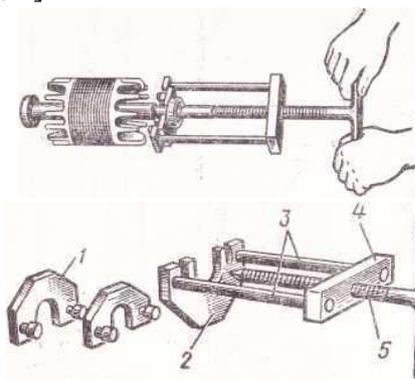


Рисунок 5 – Винтовой съемник для снятия подшипников

Подшипники надевают на вал нагретыми до температуры  $90\text{--}100^\circ\text{C}$ . Нагрев производят в ваннах с минеральным маслом. Если подшипник не устанавливается свободно на вал, его насаживают ударами молотка через монтажную трубу 2 (Рисунок 6) с ободком из мягкого материала [4, 6].

В асинхронных электродвигателях серии 4А с высотой оси вращения  $160\text{--}355$  мм предусмотрены два вида подшипниковых узлов – с пополнением смазки только при разборке двигателя (см. Рисунок 1) и с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (Рисунок 5). Устройство для пополнения смазки без разборки двигателя применяют также во взрывозащищенных асинхронных электродвигателях мощностью от 10 до 2000 кВт и некоторых других машинах [3].

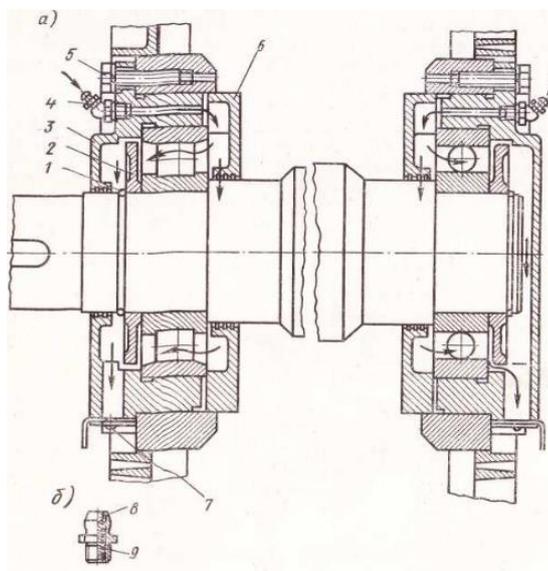


Рисунок 6 – Конструкция подшипникового узла с устройством для пополнения смазки без разборки двигателя (а) и пресс-масленка (б)

Смазку добавляют без рассоединения двигателя с приводным механизмом. Смазку нагнетают с помощью штокового шприца или других шприцев в пресс-масленку 4, которая имеет шарик 8, поджатый пружиной 9. Надавливая на шарик, смазка сжимает пружину и проходит через масленку. Смазка через пресс-масленку попадает в полость внутренней крышки подшипника, проходит подшипник и попадает в полость крышки-капсюля, откуда удаляется через отверстие в нижней части. Критерием добавления смазки и частичного удаления отработанной смазки служит поступление чистой смазки в нижней части подшипниковой крышки при открытой заслонке 7.

Замену подшипника можно произвести, не разбирая двигатель. Для этого его отсоединяют от токопроводящих заземляющих проводов, отсоединяют от приводного механизма и снимают полумуфту. Затем отвертывают болты, крепящие крышку-капсюль 3 с внутренней крышкой подшипника 6 (болты на рисунке не показаны), отвертывают болты 5, крепящие крышку-капсюль со щитом, и выводят ее с помощью двух отжимных болтов, которые упирают в щит. Ротор опускается на сердечник статора. Снимают пружинное кольцо 1, фиксирующее положение подшипника на валу, и смазочный диск 2, используя два резьбовых отверстия на нем; подшипник снимают съемником, вводя его в пространство между щитом и наружной обоймой подшипника [2, 6].

**Техническое обслуживание и текущий ремонт подшипников скольжения в электрических машинах.** Подшипники скольжения используют в средних и крупных электрических машинах. Они могут иметь кольцевую, принудительную или комбинированную систему подачи масла. На рисунке 6 показана конструкция подшипника с комбинированной системой подачи смазки. Корпус 3 и вкладыши 5 отлиты из чугуна и имеют разъем по горизонтальной плоскости. Рабочие поверхности вкладышей залиты баббитом 2. Смазка осуществляется смазочными кольцами 4 и дополнительной подачей масла через маслоподвод 1 на вал 7. Маслоподвод имеет указатель течения масла 6 –

застекленное круглое окно для контроля за протеканием масла и игольчатый кран, который позволяет отрегулировать подачу необходимого количества масла. При случайном прекращении подачи масла смазка подшипников обеспечивается смазочными кольцами. При прекращении подачи масла допустимое время работы машины на смазочных кольцах указывается заводом-изготовителем. Для предотвращения вытекания масла из подшипников имеются уплотнения 8. Масло отводится через маслоотвод 10. При смене масла его сливают через маслослив 9 [6].

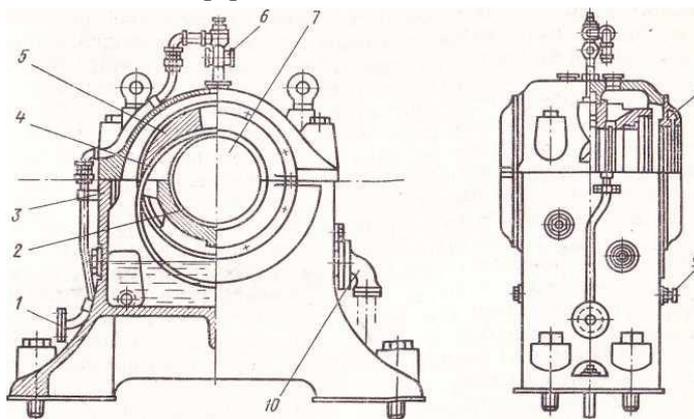


Рисунок 7 – Конструкция подшипника скольжения комбинированной системой подачи масла

Подшипники скольжения требуют ежедневного осмотра. У них регулярно контролируют температуру нагрева, уровень масла, вибрацию и зазор между вкладышем и цапфой. О температуре подшипника обычно судят по температуре масла, которую замеряют термометром, опущенным в масляную камеру стояка. Температура масла для большинства подшипников должна быть не более  $80^{\circ}\text{C}$ . Масло холоднее подшипников примерно на  $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$ . В машинах с принудительной смазкой температура масла в месте его вытекания из подшипника не должна превышать  $65^{\circ}\text{C}$  [7, 8].

**Техническое обслуживание и текущий ремонт обмоток электрических машин.** При эксплуатации электрических машин постепенно разрушается изоляция обмоток в результате ее нагрева, воздействия механических усилий от вибрации, динамических сил при пусках и переходных процессах, центробежных сил при вращении, влияния влаги и агрессивных сред, загрязнения различной пылью. Необратимые изменения структуры и химического состава изоляции называют *старением*, а процесс ухудшения свойств изоляции в результате старения – *износом*.

В процессе эксплуатации обмотка может загрязняться пылью из окружающего воздуха, маслом из подшипников, угольной пылью при работе щеток. В рабочих помещениях металлургических и угольных предприятий, прокатных, коксовых и других цехов пыль настолько мелка и легка, что проникает внутрь машины, в такие места, куда попадание ее, казалось бы, невозможно. Она образует проводящие мостики, которые могут вызвать перекрытие или пробой на корпус.

При текущем ремонте обмоток машину разбирают. Обмотки осматривают, продувают сухим сжатым воздухом и при необходимости протирают салфетками, смоченными в бензине.

При осмотре проверяют надежность крепления лобовых частей, клиньев, бандажей. При обнаружении неисправности ее устраняют. Ослабленные или оборванные бандажи на лобовых частях статорных обмоток из круглого провода срезают, заменяя их новыми из стеклянного или лавсанового шнуров или лент.

В обмотках из прямоугольного провода закрепляют ослабленные дистанционные прокладки 4 (Рисунок 8), обвязку катушек 1, крепление 3 катушек к бандажному кольцу 2; поврежденные выводные концы изолируют. Если покрытие обмотки находится в неудовлетворительном состоянии, то обмотку сушат, покрывают слоем эмали и сушат эмаль. Покрывать обмотку толстым слоем эмали не рекомендуется, так как утолщенный слой ухудшает охлаждение машины. Качество проведенного ремонта проверяют замером сопротивления изоляции до и после ремонта [1, 3, 6].

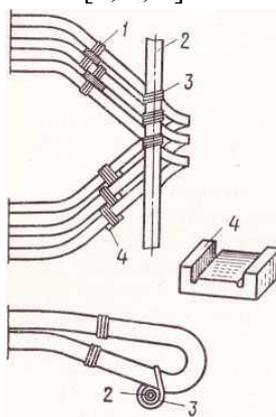


Рисунок 8 – Крепление лобовых частей обмотки из прямоугольного провода

Короткозамкнутые обмотки асинхронных двигателей при текущем ремонте, как правило, не ремонтируют, а только осматривают[7, 8].

#### **Техническое обслуживание и текущий ремонт щеточно-коллекторного узла.**

Щеточно-коллекторный узел в машинах постоянного тока и других машинах является наименее надежным узлом и требует тщательного технического обслуживания. Для обеспечения безыскровой работы надо выполнить ряд условий, обеспечивающих надежный контакт между щеткой и коллектором и равномерную допустимую нагрузку током рабочей поверхности щетки.

Исправность щеточно-коллекторного узла проверяют при осмотре и необходимых измерениях. У исправных коллекторов поверхность гладкая, без выступающей слюды или отдельных пластин, без вмятин, подгаров, без эксцентриситета или биения. Щетки свободно скользят в обоймах щеткодержателей, но без качки и с достаточной силой прижимаются к коллектору. Болты, траверсы, пальцы, на которых крепятся щеткодержатели, достаточно жесткие и не имеют вибраций, качки и т. п. Якорь машины отбалансирован и вращается без вибраций. Щетки одной марки, требуемого размера тщательно притерты к коллектору. Поверхность коллектора, по которой скользят щетки, имеет гладкую блестящую поверхность, которая представляет собой пленку закиси меди с графитом. Политура обладает смазывающими свойствами, которые уменьшают износ щеток и обеспечивают хорошую коммутацию.

При техническом обслуживании пыль с коллектора и щеточного механизма удаляют пылесосом или продувкой сжатым воздухом и протирают коллектор салфеткой, смоченной спиртом. Проверяют легкость перемещения щетки 2 (Рисунок 9) в щеткодержателе 1 [5, 7].

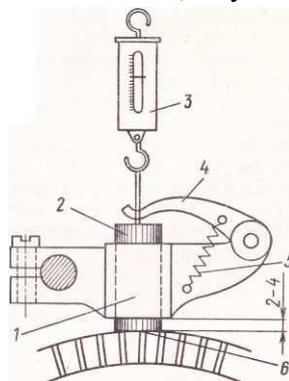


Рисунок 9 – Устройство для измерения динамометром давления щетки на коллектор

Измеряют также давление щетки на коллектор. Под щетку подкладывают лист бумаги 6, а динамометр 3 крепят к щетке. Показания динамометра, при котором бумага легко вытаскивается из-под щетки, позволяют определить давление щетки на коллектор. Недостаточное давление щетки приводит к сильному искрению и ускоренному износу коллектора и щеток. Слишком сильное давление увеличивает силу трения в скользящем контакте, а также износ. Давление должно быть наименьшим, при котором искрение не превышает значения, допустимого по технической документации. Давление на все щетки одинаково для равномерного распределения тока между щетками. Палец щеткодержателя 4 налегает на середину щетки и на щетке нет большой выработки от его давления, которое регулируется пружиной 5.

Кроме того, проверяется правильное расположение щеток на коллекторе. Для равномерной нагрузки щеток током на каждом щеткодержателе их размещают строго по оси коллектора (рисунок 10, а). Для равномерного износа коллектора щетки рядов в осевом направлении сдвинуты (рисунок 10, б). Расстояние между щеткодержателями одинаково (Рисунок 10, в) [2, 4, 5].

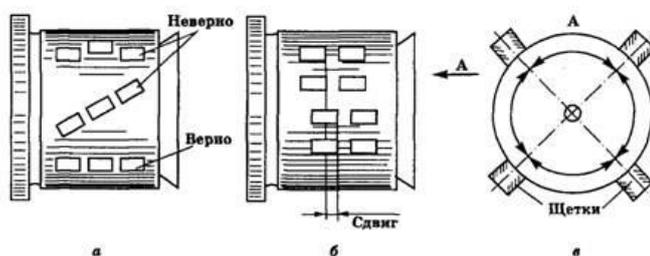
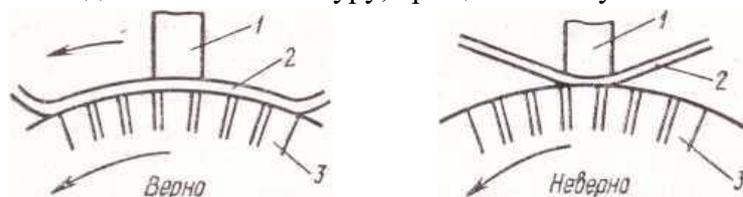


Рисунок 10 – Расстановка щеток на коллекторе

При выработке щеток их заменяют. Величина допустимой выработки указывается в технической документации на каждую машину. После установки новых щеток производят их притирку и шлифовку. Для притирки между щеткой и коллектором устанавливают стеклянную шкурку с мелким зерном и протягивают ее в направлении вращения коллектора (Рисунок 11). Рабочая поверхность шкурки придает щетке предварительный радиус, который близок к радиусу коллектора. Затем щеточный аппарат продувают сжатым воздухом для

очистки от пыли и щетки пришлифовывают при вращающейся на холостом ходу машине. Пришлифовку можно считать законченной, когда не менее половины поверхности щетки прилегает к коллектору. При этом на коллекторе должна быть политура. Если коллектор имеет царапины, незначительные подгары, то их удаляют шлифовкой коллектора. После шлифовки коллектора необходимо создать на нем политуру, вращая машину на холостом ходу [4, 6].



1 – щетки; 2 – стеклянная шкурка; 3 – коллектор

Рисунок 11 – Схема притирки щеток к коллектору

Текущий ремонт производят при появлении на коллекторе сильных подгаров, выработок, неровностей, выступления отдельных пластин, биения рабочей поверхности. Для устранения этих неисправностей коллектор протачивают. Операция проточки в небольших машинах связана с разборкой, а в крупных – с серьезными работами, поэтому проточку производят при текущем ремонте.

При разборке двигатель отсоединяют от приводного механизма, подсоединительных проводов, заземления и снимают полумуфту или шкив. Для этого снимают жалюзи 1 (Рисунок 12) и находят метку, определяющую положение траверсы 6 относительно щита 4. Метка может быть сделана засечкой зубила на траверсе и щите или краской. Если метка отсутствует или не четкая, то ее наносят заново. При этом траверса должна быть надежно закреплена на щите болтом 7. Метку наносят также на щит 4 и корпус 9. Это необходимо для того, чтобы правильно собрать щеточный узел. Затем вынимают щетки 8 из щеткодержателей, отворачивают болты 3 и снимают крышку подшипника 2, отворачивают болты 5 и снимают щит 4. Щит сначала должен сойти с замка на корпусе, а затем с подшипника. После снятия щита 4 якорь опускается и ложится на полюса. Отворачивают болты 10 и снимают щит с замка на корпусе. Якорь вынимают из индуктора вручную, если он небольшой массы или с помощью приспособления (см. Рисунок 4), если он большой массы. Якорь укладывают на деревянную подставку, отворачивают болты 12 (см. рисунок 16), снимают крышку подшипника 13 и щит 11 [5, 7, 8].

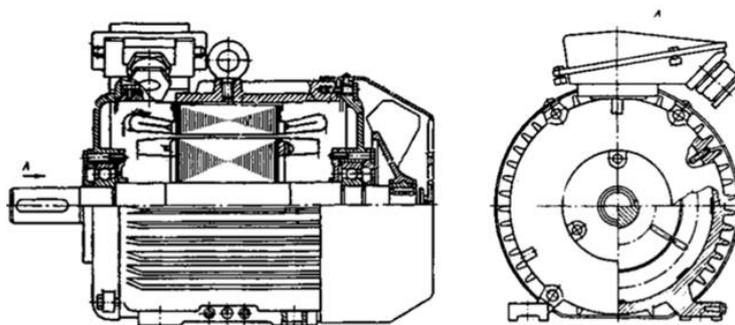
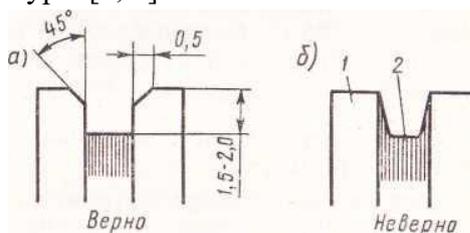


Рисунок 12 – Двигатель постоянного тока с высокой осью вращения 180 мм, степень защиты 1P22

Для проточки якорь устанавливают подшипниками на люнеты токарного станка. Внутренние крышки подшипников закрепляют так, чтобы они не вращались. Проточку коллектора производят высококачественными резцами при скорости резания порядка 90 м/мин, подаче не более 0,05–0,1 мм на оборот и минимальной глубине резания. При получении чистой поверхности проточку прекращают.

После проточки производят продоразивание коллектора. *Продоразиванием* называют операцию уменьшения высоты изоляционных пластин на 1–2 мм по сравнению с коллекторными пластинами. Если изоляционные пластины имеют один размер с медными или больше их, то нарушается контакт между щеткой и медной пластиной. Следует иметь в виду, что изоляционная пластина срабатывается медленней, чем медная. Продоразивание производят специальной пилой, которую изготовляют из ножовочного полотна. Пропиливание изоляции выполняют по Рисунку 13, а, а не по Рисунку 13, б; в последнем случае после небольшого износа коллектора изоляция выступает за его пределы. Края коллекторных пластин притупляют под углом  $45^\circ$  на ширину не более 0,5 мм. Коллектор шлифуют стеклянной шкуркой и собирают машину. В собранной машине производят притирку щеток и создание политуры [6, 7].



1 – коллекторная пластина; 2 – изоляция между пластинами

Рисунок 13 – Продоразивание коллектора

При сборке машины совмещают метки на щите и корпусе и на щите и траверсе. Однако необходимо проверить правильность установки щеток на нейтраль еще раз после притирки щеток и создания политуры. Для этого отключают обмотку возбуждения и через реостат от аккумуляторной батареи подводят к ней постоянный ток (Рисунок 14). Сила тока в обмотке составляет примерно 5–10% от номинального, что важно для предотвращения пробоя обмотки ЭДС самоиндукции, возникающей при размыкании цепи [1, 3, 9].

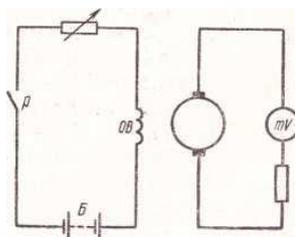


Рисунок 14 – Схема для установки траверсы в нейтраль

К зажимам якоря присоединяют милливольтметр на 45–60 мВ с добавочным сопротивлением для напряжения 1,5–3 В. Затем производят замыкание и размыкание цепи возбуждения; при этом в якоре индуцируется ЭДС трансформации и стрелка прибора отклоняется в ту или другую сторону в зависимости от положения щеток. При щетках,

находящихся в нейтрале, ЭДС практически равна нулю. Траверсу со щетками передвигают до тех пор, пока не достигнуто это положение щеток. Рекомендуется проверять правильность положения траверсы при различных положениях якоря.

Коллекторы крупных машин протачивают без разборки машины в собственных подшипниках. Для проточки снимают часть щеткодержателей и на траверсе или щите устанавливают специальный суппорт. Резец должен быть обращен режущей кромкой вверх, немного выше центра. Для предохранения обмотки от попадания стружки ее защищают парусиновым чехлом, который завязывают лентой на лобовых частях. После проточки выполняют остальные операции.

Техническое обслуживание и текущий ремонт контактных колец более прост по сравнению с коллекторами и поэтому подробно не описывается. Требования к поверхности контактных колец и щеткам те же, что и к коллекторному узлу [5, 7, 10].

Исходя из вышеизложенного, можно с уверенностью заявить, что осмотр и ремонт обслуживания электроприводов многооперационный процесс, требующий точности выполнения и неукоснительного соблюдения требований безопасности, которые мы сформулировали ниже.

Обслуживание электрических машин сопряжено с опасностью получения травм от вращающихся частей и поражения электрическим током. Все вращающиеся и токоведущие части должны иметь ограждения. Обслуживание производят в прилегающей к телу одежде; рукава должны быть застегнуты у кистей.

После останова двигателя для работ без его разработки на приводе выключателя вывешивается плакат «*Не включать – работают люди*». Ручное включение и отключение машин напряжением свыше 1000 В необходимо выполнять в диэлектрических перчатках и калошах или на коврик. Отключение выполняют с видимым разрывом электрической цепи, для чего отключают разъединители, снимают плавкие вставки предохранителей, отсоединяют привода сети. После вывешивания плаката проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке сети. В оперативном журнале делают запись об отключении машины. Включение производят только после отметки в журнале об окончании работ.

Отключенные двигатели насосов и вентиляторов могут неожиданно прийти в движение под напором воды или воздуха. В таких установках необходимо закрыть вентили или другое закрывающее устройство, запереть его на замок и вывесить плакат «*Не открывать – работают люди*». Если трехфазный двигатель отсоединен от сети, концы всех фаз питающего кабеля замыкают накоротко и заземляют переносным заземлением. Работа в пусковой аппаратуре допускается только при полном снятии напряжения.

Электрические машины небольшой мощности разбирают на верстаках, а машины большой мощности – на специальных стендах с доступом к ним со всех сторон. Разборку рекомендуется производить в рукавицах, чтобы предохранить руки от ссадин, царапин и ушибов. Съёмники для съёмки подшипников не должны иметь трещин, погнутых стержней, сорванной резьбы. Запрещается сбивать подшипники с валов и выбивать их из гнезд ударами молотка. Разобранные подшипниковые щиты, роторы и якоря следует укладывать на стеллажи, статоры на подставки, а мелкие детали в ящик [11].

Безопасность выполнения работ обеспечивается также организационными мерами. К ним относятся: оформление работы нарядом, оформление допуска к работе, надзор во время

работы и т. п. Наряд есть письменное распоряжение на работу' в электроустановках, определяющее место, время, начало и окончание работ; условия безопасного ее проведения; состав бригады и лиц, ответственных за безопасность. Без наряда по устному или письменному распоряжению, но с обязательной записью в журнале могут выполняться такие работы, как уборка помещений до ограждений электрооборудования, чистка кожухов, доливка масла в подшипники, уход за коллекторами, контактными кольцами, щетками, замена пробочных предохранителей.

Испытание изоляции повышенным напряжением и измерение ее сопротивления должны проводиться с соблюдением дополнительных мер безопасности. Эти контрольные операции должны производиться бригадой в составе не менее двух человек, прошедших специальную подготовку. Во время измерения сопротивления изоляции обмоток мегомметром нельзя прикасаться к проводникам обмотки; после измерения обмотку надо сразу разрядить на корпус [1, 5, 12].

### Список литературы

1. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 64 с.
2. Электробезопасность в сельскохозяйственном производстве: монография / И.Э. Липкович, М.М. Украинцев, И.В. Егорова, С.М. Пятикопов, М.В. Жолобова, Н.В. Петренко, С.В. Панченко, А.Н. Токарева, Ж.В. Матвейкина, А.С. Гайда. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 244 с.
3. Боков Г. С. Техническое перевооружение российских электрических сетей // Новости электротехники. 2002. № 2 (14). С. 10–14.
4. Вавилов В. П., Александров А. Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2003. 360с.
5. Организационные основы безопасности при ремонте электрических двигателей в условиях предприятия АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Петренко Н.В // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).
6. Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. М.: Энас, 2012.
7. Биргер И. А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
8. Стратегия повышения безопасности электроснабжения предприятий АПК / Липкович И.Э., Украинцев М.М., Пятикопов С.М., Егорова И.В., Поляков В.Н // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). С 74-83.
9. Вдовико В. П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения // Электричество. 2010. № 2. С. 14–20.
10. Липкович И.Э. Персонал электроустановок АПК / Липкович И.Э., Егорова И.В., Пятикопов С.М. // АгроЭкоИнфо. 2018. № 1 (31). 38 с.
11. Чичев С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Система контроля и управления электротехническим оборудованием подстанций. М.: Спектр, 2011. 139 с.

### References

1. Diagnostics of electrical equipment of power stations and substations: textbook / AI Khalyasmaa [et al.]. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2015. - 64 p.

2. Electrical safety in agricultural production: monograph / I.E. Lipkovich, M.M. Ukraintsev, I.V. Egorova, S.M. Pyatikopov, M.V. Zholobova, N.V. Petrenko, S.V. Panchenko, A.N. Tokareva, Zh.V. Matveikina, A.S. Guide. - Zernograd: Azov-Chernomorsk Engineering Institute of FGBOU VO Donskoy GAU, 2022. - 244 p.
  3. Bokov G.S. Technical re-equipment of Russian electrical networks // News of electrical engineering. 2002. No 2 (14). pp. 10–14.
  4. Vavilov V. P., Aleksandrov A. N. Infrared thermographic diagnostics in construction and energy. M. : NTF "Energoprogress", 2003. p. 360.
  5. Organizational bases of safety in the repair of electric motors in the conditions of the agricultural enterprise / Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Egorova I.V., Petrenko N.V. // AgroEcoInfo. 2022. No. 3 (51).
  6. Yashura A. I. The system of maintenance and repair of general industrial equipment: a reference book. M.: Enas, 2012.
  7. Birger I. A. Technical diagnostics. M.: Mashinostroenie, 1978. p. 240.
  8. Strategy for improving the security of power supply of agricultural enterprises /Lipkovich I.E., Ukraintsev M.M., Pyatikopov S.M., Egorova I.V., Polyakov V.N. //Herald of agrarian science of the Don. 2020. No. 2 (50). pp. 74-83.
  9. Vdoviko V.P. Methodology of the system for diagnosing electrical equipment high voltage testing // Electricity. 2010. No 2, pp. 14–20.
  10. Lipkovich I.E. Personnel of electrical installations of the agro-industrial complex / Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pyatikopov S.M. // AgroEcoInfo. 2018. No. 1 (31). p. 38.
  11. Chichev S. I., Kalinin V. F., Glinkin E. I. System of control and management of electrical equipment of substations. M.: Spektr, 2011. p. 139.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ПРАВИЛА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ

<sup>1</sup>Мардамшин И.Р., <sup>2</sup>Аксенов С. Г.,

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия (450077, г. Уфа, Республика. Башкортостан, ул. Карла Маркса, 12), e-mail: <sup>1</sup>mardamshi012@yandex.ru, <sup>2</sup>serg.aksenov@yandex.ru*

**В данной статье рассматриваются правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов. Представлен обзор правил пожарной безопасности в данных зонах, рассмотрены действия руководства при эксплуатации магистральных нефтепродуктов.**

Ключевые слова: эксплуатация магистральных нефтепродуктов, правила пожарной безопасности, пожар.

## FIRE SAFETY RULES FOR THE OPERATION OF OIL PRODUCT TRUNK PIPELINES

<sup>1</sup>Mardamshin I. R., <sup>2</sup>Aksenov S. G.

*Ufa State Aviation Technical University, Russia (450077, Ufa, Republic of Bashkortostan, Karl Marx str., 12), e-mail: <sup>1</sup>mardamshi012@yandex.ru, <sup>2</sup>serg.aksenov@yandex.ru*

**This article discusses the rules of fire safety during the operation of main oil pipelines. An overview of fire safety rules in these zones is presented, the actions of the management during the operation of main oil products are considered.**

Keywords: operation of main oil products, fire safety rules, fire

Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов разработаны в соответствии Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации и определяют требования пожарной безопасности при эксплуатации крупных трубопроводов, которые должны соблюдать все работники предприятий отрасли, а также работники других организаций, предприятий, учреждений и иных юридических лиц, независимо от их организационно-правового статуса и формы собственности, осуществляющие эксплуатацию, техническое обслуживание.

Оборудование, сооружения, барьеры и конструкции в полосе отвода должны поддерживаться в хорошем рабочем состоянии. Сооружения для локализации разливов нефти (канавы, овраги и колодцы) должны обслуживаться, ремонтироваться и своевременно очищаться от нефти [4].

В соответствии с нормами технической эксплуатации магистральных трубопроводов на трассе трубопровода на всех поворотах трассы трубопровода и на углах железнодорожных и

автомобильных переездов должны быть установлены знаки пожарной безопасности, запрещающие пользоваться открытым огнем.

Сотрудники отдела трубопровода систематически должны проводить разъяснительную работу с землепользователями, проживающими вблизи трубопровода, о мерах пожарной безопасности, которые необходимо соблюдать на охраняемой территории, и о том, что делать в случае обнаружения разлива нефти.

На охраняемых территориях вдоль трассы трубопровода должна находиться под контролем любая деятельность, которая может помешать или нарушить нормальную работу трубопровода [6].

Третьи лица не должны иметь доступ в охранную зону трубопровода без письменного согласия оператора. В целях пожарной безопасности запрещается также строительство дорог и подъездных путей к трубопроводу; строительство стоянок для автомобилей, тракторов и техники; строительство садов и огородов.

Также должно находиться под контролем проведение всех видов земляных и строительных работ и взрывных работ, как снаружи, так и под землей.

Линейщики, работающие на определенных участках трубопровода, должны иметь краткое изложение плана действий в чрезвычайных ситуациях (ПДЧС), утвержденного руководством и согласованного с местным органом власти.

При обнаружении поверхностного разлива нефтепродуктов на трассе трубопровода оператор трубопровода или другой персонал, участвующий в эксплуатации трубопровода, должен действовать в соответствии с ППБ и немедленно уведомить оператора или менеджера насосной станции и принять меры по предотвращению приближения к месту разлива постороннего персонала и техники, а также использования открытого огня [5].

Каждая установка должна иметь следующую информацию о пожаро- и взрывоопасности перекачиваемых нефтепродуктов. Температура распространения пламени и концентрационные пределы также должны находиться под контролем.

Параметры и режим работы технологического оборудования для передачи и хранения легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей должны обеспечивать техническую безопасность процесса от взрыва и пожара, что должно быть зафиксировано в описании мер пожарной безопасности [7].

Технологическое оборудование для перекачки и хранения нефтепродуктов, а также меры взрыво-, противоаварийной и противопожарной защиты такого оборудования должны соответствовать проектной документации или паспортным данным. Категорически запрещается выполнять технические действия при выключенном оборудовании [3].

Технологические объекты для транспортировки нефтепродуктов должны быть оборудованы функциональными средствами контроля и регулирования для предотвращения аварийных ситуаций. В целях предотвращения пожаров, цистерны, железнодорожные и автомобильные цистерны, используемые для хранения или перевозки нефтепродуктов, не должны заполняться сверх установленных пределов.

При отсутствии оборудования для контроля и управления работа на оборудовании не может быть выполнена, если его эксплуатация прервана или задержана.

Допустимые пределы воспламеняющихся рабочих параметров технологического оборудования (давление, температура, уровень заполнения и т.д.) должны быть указаны на контрольно-измерительных приборах.

Если один или несколько параметров взрывчатых веществ отклоняются от допустимых пределов, оборудование для мониторинга и управления должно подавать предупредительные и аварийные сигналы (звуковые и визуальные) и предотвращать изменение в опасном направлении при достижении допустимых пределов.

Технологическое оборудование, работающее с нефтепродуктами, должно быть герметичным. Использование негерметичного оборудования запрещено, за исключением случаев, когда это предусмотрено техническими условиями; при обнаружении утечки или в технологическом оборудовании его необходимо немедленно отремонтировать.

Изоляцию технологического оборудования, следует заменить как можно скорее после устранения повреждения, вызвавшего утечку продукта. Разлитые нефтепродукты, почва и изоляция, загрязненные нефтепродуктами, должны быть удалены в специально отведенные места после устранения повреждений технологического оборудования и сооружений.

Запрещается обслуживать оборудование, находящееся под давлением (например, втулки, компрессоры, уплотнения), без сброса давления до атмосферного (статического) уровня. Стационарные автоматические анализаторы концентрации должны находиться в хорошем рабочем состоянии до возникновения аварийной ситуации и проверяться на исправность не реже двух раз в год.

При отсутствии стационарных газоанализаторов окружающий воздух должен периодически анализироваться портативными газоанализаторами для определения взрывоопасных концентраций паров нефти.

Системы трубопроводов для оборудования, резервуаров, наливных платформ и насосов должны обеспечивать изоляцию и удаление нефтепродуктов из технических процессов. Устройства для слива нефтепродуктов в случае аварии или пожара должны быть в исправном состоянии. Клапаны аварийного слива должны быть четко идентифицированы и находиться в свободном доступе [2].

Сброс нефтепродуктов в систему бытовой канализации запрещен, даже в экстренных случаях. Основное и вспомогательное технологическое оборудование предприятия должно быть защищено от статического электричества в соответствии с действующими нормами.

Температура нагрева технологического оборудования должна контролироваться таким образом, чтобы внешняя температура не превышала 80% от температуры самовоспламенения рабочей среды.

Во взрывоопасных зонах следует использовать не искрящие инструменты. Тележки, лестницы и другое колесное оборудование, используемое в опасных зонах, должны быть оснащены шинами из искробезопасных материалов.

При отсутствии стационарного электрического освещения для временного освещения опасных зон, открытых технических площадок, инструментов и другого оборудования должны использоваться перезаряжаемые взрывоопасные фонари.

Использование переносных ламп, не отвечающих требованиям взрывозащиты, запрещено. Включение и выключение ламп должно производиться вне взрывоопасной зоны.

Переносные взрывоопасные лампы должны использоваться только в рабочее время в исправном состоянии.

Автомобили, тракторы, мотоциклы и другие транспортные средства запрещены в данных зонах, где могут скапливаться легковоспламеняющиеся газы и пары. Вокруг этих зон должны быть установлены соответствующие указатели. Автомобилям, не оборудованным средствами безопасности и пожаротушения, въезд на эти территории запрещен.

Важно также уделить внимание организации работы по обеспечению пожарной безопасности на производстве.

Руководители объединений, предприятий и организаций должны обеспечивать выполнение закона, действующих нормативных актов, приказов руководящих органов и предписаний Государственного пожарного надзора. Должны организовать изучение и выполнение настоящих правил всеми работниками подведомственных предприятий; организовать подготовку и обучение рабочих, техников и служащих подведомственных предприятий по вопросам пожарной безопасности; выделить необходимые средства для осуществления мер пожарной безопасности и приобретения средств пожарной безопасности внутри или вне подведомственных предприятий. Также в их обязанности входит обеспечение необходимого финансирования для осуществления мер пожарной безопасности и приобретения средств пожарной безопасности внутри или вне подорганизации [1].

Руководство на производстве также должно поддерживать и эксплуатировать системы пожарной безопасности, соблюдать меры противопожарной защиты.

В их обязанности входит подготовка годовых и долгосрочных планов по установке средств пожаротушения и пожаротушения в помещениях и обеспечение их реализации; подготовка годовых и долгосрочных планов (в координации с национальной пожарной службой) по развертыванию средств пожаротушения в помещениях и обеспечение их реализации.

Также в обязанности входит проведение профилактического обслуживания, ремонта и испытаний огнетушителей и автоматических систем пожаротушения в соответствии с утвержденными планами и обеспечение их надлежащего использования; проведение плановых учений и тренировок, а также обеспечение надлежащей эксплуатации и технического обслуживания средств пожаротушения.

## Список литературы

1. Кадочникова Е. Н., Волков Н. А. Анализ пожарной опасности складов нефтепродуктов ЛПДС Ленинск АО «Транснефть-урал» // Научные горизонты. – 2020. – №. 5. – С. 228-232.
2. Калач А. В. Обеспечение пожарной безопасности магистральных нефтепроводов с применением беспилотных летательных судов // Комплексная безопасность и физическая защита. – 2018. – С. 248-255.
3. Куличенко О. А. Обоснование требований пожарной безопасности к объектам экономики вблизи магистральных нефтепродуктопроводов // ББК 68.9 М 34. – С. 35.
4. Тетерин Д. А., Хабибулин Р. Ш. Применение искусственных нейронных сетей в вопросах управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах // ББК 68.9 М 34. – С. 180.

5. Фомин А. В., Назаров В. П., Артемов А. С. Методика ранжирования участков линейной части магистральных нефтепродуктопроводов по степени пожарной опасности // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2019. – №. 4. – С. 22-28.
6. Фомин А. В., Шахманов Ф. Ф., Артемов А. С. Категорирование линейных участков магистральных трубопроводов по степени пожарного риска // Наука и образование в XXI веке: теория, методология, практика. – 2019. – С. 72-77.
7. Фомин А. В., Шахманов Ф. Ф., Артемов А. С. Повышение пожарной безопасности магистральных трубопроводов категорированием линейных участков по степени пожарного риска // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций. – 2019. – С. 332-334.

## References

1. Kadochnikova E. N., Volkov N. A. Analysis of the fire hazard of oil products warehouses LPDS Leninsk JSC "Transneft-Ural" // Nauchnye gorizony. – 2020. – no. 5. - pp. 228-232.
  2. Kalach A. V. Ensuring fire safety of main oil pipelines using unmanned aerial vehicles. Kompleksnaya bezopasnost' i fizicheskoe zashchita. - 2018. - pp. 248-255.
  3. Kulichenko O. A. Substantiation of fire safety requirements for economic facilities near main oil pipelines // ББК 68.9 М 34. - p. 35.
  4. Teterin D. A., Khabibulin R. Sh. Application of artificial neural networks in the management of fire safety at oil and gas facilities // ББК 68.9 М 34. - p. 180.
  5. Fomin A. V., Nazarov V. P., Artemov A. S. Technique for ranking sections of the linear part of the main oil product pipelines according to the degree of fire hazard // Problems of risk management in the technosphere. – 2019. – no. 4. - pp. 22-28.
  6. Fomin A. V., Shakhmanov F. F., Artemov A. S. Categorization of linear sections of main pipelines according to the degree of fire risk // Science and education in the XXI century: theory, methodology, practice. - 2019. - pp. 72-77.
  7. Fomin A. V., Shakhmanov F. F., Artemov A. S. Improving the fire safety of main pipelines by categorizing linear sections according to the degree of fire risk // Security Service in Russia: experience, problems, prospects. Modern methods and technologies for the prevention and prevention of emergencies. - 2019. - pp. 332-334.
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ. ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА АГРЕГАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА WELCH

**Сорокина В. М.**

*ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, Россия (443100, г. Самара, Молодогвардейская ул., 244), e-mail: ladislavasor98@mail.ru*

В статье проводится исследование причин отказов и повреждений насосного оборудования, а также вибрационная диагностика агрегата в условиях автоматизации магистральных нефтепроводов на примере метода Welch.

Ключевые слова: магистральный насос, подпорный насос, дефект, насосный агрегат, отказы, дефектоскопия.

## RESEARCH OF THE CAUSES OF FAILURE AND DAMAGE OF PUMPING UNITS. VIBRATION DIAGNOSIS OF THE UNIT USING THE WELCH METHOD

**Sorokina V. M.**

*Samara State Technical University, Russia (443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244); e-mail: ladislavasor98@mail.ru*

The article studies the causes of failures and damages of pumping equipment, as well as vibration diagnostics of the unit in the conditions of automation of main oil pipelines using the Welch method as an example.

Keywords: main line pump, transfer pump, failure, pumping unit, renouncing, defectoscopy.

Насосы и связанные с ними системы необходимы на нефтегазовых объектах для эффективной транспортировки жидкостей. Основные виды насосов, используемые на этих установках, включают центробежные, возвратно-поступательные, мембранные и роторные насосы. Насосные агрегаты играют ключевую роль в транспорте нефтепродуктов, так что любая незначительная проблема с насосом оказывает непосредственное негативное влияние на систему. Поэтому диагностика насосных агрегатов является одной из важнейших регулярных задач при транспорте нефтепродуктов.

Диагностика отказов насосов показала, что основными проблемами, возникающими в работе насоса являются гидравлические проблемы, которые предполагают, что насос может не подавать жидкость, обеспечивать недостаточную производительность, создавать недостаточное давление или терять работоспособность при запуске, и механические проблемы, которые характеризуются из-за потребления чрезмерной мощности или возникновения механических проблем в уплотнительных камерах или подшипниках; в любом

случае могут возникнуть вибрация, шум или поломка. Усталость является распространенной причиной выхода насоса из строя.

Основными причинами поломок насосов являются кавитация, эрозия и коррозия, которые по отдельности или вместе могут привести к выходу из строя насосов. Кавитацию можно определить как потерю металла с поверхности металла, вызванные высокими давлениями, связанными с разрушением пузырьков пара в жидкости. Она, как правило, происходит за счет образования и схлопывания пузырьков пара, производящих микроструи с высокой кинетической энергией, волны давления которой высвобождаются и повреждают поверхности агрегата, что приводит к материальному ущербу (рисунок 1). Это явление приводит к сокращению срока службы и КПД насоса, вибрация в каркасе и дополнительные шумы [1].



Рисунок 1 – Дефекты в валах агрегатов, обнаруженные при дефектоскопическом контроле

Другими распространенными проблемами, вызывающие дефекты в агрегатах, являются эрозия и коррозия. Твердые частицы в перекачиваемой жидкости также могут ограничивать срок службы внутренних компонентов насоса. Напор нефтепродукта с взвешенными в нем твердыми частицами может ударить о внутренние поверхности насоса, а это чаще всего вызывает эрозию. Этот вид повреждения чаще всего наблюдается в рабочем колесе и корпусе.

При этом степень материального ущерба по компонентам агрегата зависит от объемной твердости материала и от содержания углерода.



Рисунок 2 – Сравнение типичной кавитационной ямы и эрозии

Сходство повреждений металла агрегата между воздействием кавитации и эрозии в форме значительны. Эрозионная коррозия имеет форму подковы с шероховатой поверхностью, также участок ямы выглядит как кратер. При этом кавитация знак обычно выглядит как скопление ямок, сосредоточенных вместе.

Процедура расследования поломки вала насоса выполняется по следующим этапам:

1. Визуальный осмотр и осмотр.
2. Идентификация материала.

Визуальный осмотр проводится путем осмотра поврежденной части вала и анализ формы его поломки, выполняется идентификация и анализ геометрии и формы трещин.

На этапе идентификации материала вал насоса проверяется с помощью анализатора сплавов Olympus, который показывает химический состав материалов вала. Идентификация материала вала насоса применяется с целью определения прочности материала и прочности на растяжение, возникающее в валу. Выбор материалов, которые являются экономически эффективными и технически подходит для применения требует знание не только конструкции и технологии производства насосов, но и инженерных свойств материала, особенно его коррозионная стойкость и износостойкость при воздействии сил, возникающих в насосе. Достаточно информации имеется в литературе по коррозии и металлургии, а также опыт производителей насосов, чтобы сделать соответствующий выбор материала практически для любого применения в насосной технике.

Мониторинг вибрации также является важной задачей при транспорте нефтепродуктов. Вибрацию агрегатов необходимо контролировать из-за большого количества встроенных вращающихся деталей, которые могут показывать дополнительные колебаний при возникновении неисправностей. Более недавним достижением в области мониторинга состояния насосов является применение ультразвуковых датчиков; внедрение нового ультразвукового измерения, основанного на анализе акустической эмиссии для технологических насосов высокого давления.

Причинно-следственная связь между двумя сигналами или общность между ними обычно оценивается с использованием функции когерентности. Ссылка [3] представляет результаты тематического исследования деградации подшипников двигателя, вызванной ускоренной электроразрядной обработкой в течение семи циклов старения. Чтобы определить повреждение подшипника с использованием сигнала тока двигателя, была вычислена функция согласованности между током двигателя и характеристикой вибрации. Наибольшие значения

амплитуды когерентности, когда были коррелированы сигналы тока и вибрации водителя, были расположены при динамическом эксцентриситете и дефекте подшипника.

Улучшенной оценкой PSD является оценка, предложенная Уэлчем (Welch) [2]. Метод основывается на делении данных временных рядов на части, вычислении модифицированной периодограммы каждой данной части, а после выполнения данных операций, усреднении оценок PSD. Результатом данного метода является оценка PSD.

Усреднение измененных периодограмм имеет тенденцию уменьшать дисперсию оценки по сравнению с оценкой одной периодограммы для всей записи данных. Хотя перекрытие между сегментами имеет тенденцию вводить избыточную информацию, этот эффект уменьшается за счет использования прямоугольного окна, которое уменьшает важность или вес, придаваемый конечным выборкам сегментов. Однако совместное использование коротких записей данных и прямоугольных окон приводит к снижению разрешения оценщика. Таким образом, существует компромисс между уменьшением дисперсии и разрешением. Можно манипулировать параметрами в методе Уэлча, чтобы получить улучшенные оценки относительно периодограммы, особенно когда SNR низкий.

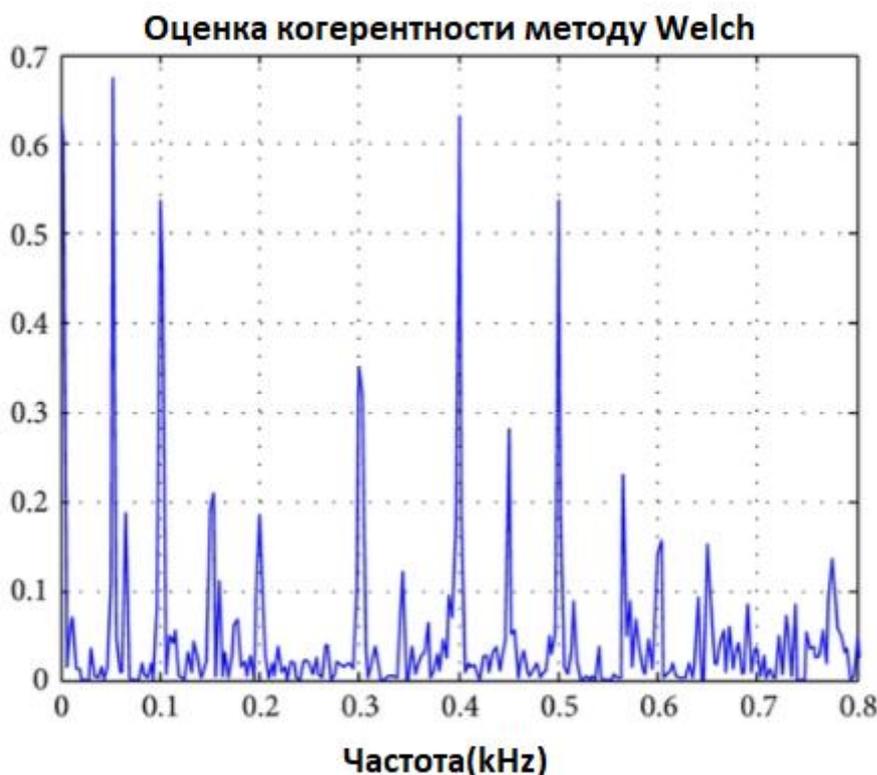


Рисунок 3 – Согласованность между DCS и сигналом DCS

Итак, основными механизмами, которые привели к выходу насосов из строя, были кавитация и эрозия, действующие либо по отдельности, либо вместе и приводящие к серьезным повреждениям внутренней поверхности насосов. Однако плохие условия эксплуатации, такие как анализ питательной воды, являются одной из основных причин

кавитации и коррозии, наличие некоторых примесей, таких как кремний и кальций, усилило эрозию.

Также в статье проводится описание метод Welch для исследования согласованности между текущими DCS и сигнатурами вибрации. Когерентность между сигналами DCS и DVS была исследована на определенной частоте и в разных частотных диапазонах.

### **Список литературы**

1. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы»
2. A. Püttmer, “New applications for ultrasonic sensors in process industries,” *Ultrasonics*, vol. 44, supplement 1, pp. e1379–e1383, 2006.
3. S. Seker, E. Ayaz, and E. Türkcan, “Elman's recurrent neural network applications to condition monitoring in nuclear power plant and rotating machinery,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 7-8, pp. 647–656, 2003.

### **References**

1. SP 36.13330.2012 "Main pipelines"
  2. A. Püttmer, “New applications for ultrasonic sensors in process industries,” *Ultrasonics*, vol. 44, supplement 1, pp. e1379–e1383, 2006.
  3. S. Seker, E. Ayaz, and E. Türkcan, “Elman's recurrent neural network applications to condition monitoring in nuclear power plant and rotating machinery,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 7-8, pp. 647–656, 2003.
-