

ИНЖЕНЕРНЫЙ КЕЙС: ОТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДО ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Сборник инженерных кейсов
по итогам научно-образовательной конференции «Метод инженерных
кейсов: достижения и вызовы будущего» с использованием материалов
Международного инженерного чемпионата «CASE-IN»

26–27 ноября 2019 г.

Томск 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «НАДЕЖНАЯ СМЕНА»
ООО «АСТРАЛОГИКА»

ИНЖЕНЕРНЫЙ КЕЙС: ОТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДО ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Сборник инженерных кейсов
по итогам научно-образовательной конференции «Метод инженерных кейсов:
достижения и вызовы будущего» с использованием материалов
Международного инженерного чемпионата «CASE-IN»

26–27 ноября 2019 г.

Томск 2019

УДК 62.001.5
ББК 30.6
И622

И622 Инженерный кейс: от практических задач до инновационных решений : сборник инженерных кейсов по итогам научно-образовательной конференции «Метод инженерных кейсов: достижения и вызовы будущего» с использованием материалов Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» / под ред. Е.С. Воронцовой ; Томский политехнический университет. – Томск, 2019. – 269 с.

В сборнике собраны инженерные кейсы, которые были предложены для решения участникам трех сезонов Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» в 2017–2019 гг. Задания снабжены методическими рекомендациями.

Сборник предназначен для студентов высшей школы, его материалы могут быть полезны учащимся старших классов, планирующим обучение по направлениям топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов, а также молодым специалистам, заинтересованным в профессиональном развитии.

УДК 62.001.5
ББК 30.6

Авторский коллектив

В.С. Алексеев, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.;
А.Ю. Арестова, Новосибирский государственный технический университет;
И.Л. Боровская, Санкт-Петербургский государственный экономический университет;
Е.А. Вильгельм, Томский политехнический университет;
Д.А. Давыдов, Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.;
А.О. Егоров, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина;
А.В. Епихин, Томский политехнический университет;
О.П. Зубок, Благотворительный фонд «Надежная смена»;
К.В. Кокарев, Уральский государственный горный университет;
А.С. Королев, Благотворительный фонд «Надежная смена»;
Ю.А. Куликов, АО «СО ЕЭС»;
Я.В. Лушников, ООО «Геотехпроект»;
А.А. Матковская, Благотворительный фонд «Надежная смена»;
Л.Г. Мигунова, Самарский государственный технический университет;
А.С. Прошкина, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина);
А.Г. Русина, Новосибирский государственный технический университет;
А.А. Сапрыкин, Томский политехнический университет;
Н.В. Трифонова, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина);
А.Д. Фензель, ООО «НьюТек Сервисез»;
А.И. Хальясмаа, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина;
И.В. Эфтор, АО «ТомскНИПИнефть».

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ	6
Словарь терминов	6
Из истории кейсов.....	6
1.1 CASE-технологии в обучении	7
1.2 Работа над кейсом.....	10
1.3 Подготовка решения.....	13
1.4 Презентация решения.....	22
1.5 Выступление и защита решения.....	22
2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ТЭК И МСК ПО КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗОВ	25
2.1 ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА.....	25
2.1.1 Г2017О «Сквозь тысячелетия»	25
2.1.2 Г2018О АР «Гранаты Арктики»	31
2.1.3 Г2019О ЦТ «На заре инноваций»	36
2.2 ГОРНОЕ ДЕЛО	43
2.2.1 ГД2017О «Разрез свободный»	43
2.2.2 ГД2018О АР «Уголь Арктики».....	46
2.2.3 ГД2019О «Алмазная долина»	50
2.3 МЕТАЛЛУРГИЯ.....	61
2.3.1 М2017О «Вторая жизнь»	61
2.3.2 М2018О АР «Лед и сталь»	70
2.3.3 М2019О «Сила стали»	83
2.4 НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО	98
2.4.1 Н2017О «Эффективная разработка»	98
2.4.2 Н2018О АР «Эффективная разработка»	102
2.5 НЕФТЕХИМИЯ	107
2.5.1 НХ2018О «Тобольский нефтехимический кластер: новая формула интеграции и создания ценности».....	107
2.5.2 НХ2019О ЦТ «Цифровые решения и эффективность производства».....	117
2.6 ЦИФРОВОЙ АТОМ	125
2.6.1 Ц2019О ЦТ «От инновационных систем к цифровым технологиям»	125
2.7 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА.....	134
2.7.1. Э2017О «Быстринская энергия».....	134
2.7.2. Э2018О «Энергия на краю земли»	138

3. Э2018О АР «Северные сети»	145
2.7.4. Э2018О АР «Электроснабжение районов в суровых климатических условиях»	153
2.7.5. Э2019О «Системы диагностирования силового трансформаторного оборудования и линий электропередачи».....	164
2.7.6. Э2019О «Развитие системы мониторинга переходных режимов ОЭС Востока»	174
3 КРОССПЛАТФОРМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК И МСК ПО КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ	181
3.1 РЭН2018 АР «Новое интеграционное будущее Российской Арктики»	181
3.2 ЭГМ2018 «БРИКС: стратегический инновационный потенциал энергетического партнерства».....	191
3.3 ЛМС2018 АР «Опорные зоны Российской Арктики».....	208
3.4 ЛМС2018 «Перспективы развития энергетики Дальнего Востока и острова Сахалин»	224
3.5 ЛМС2019 ЦТ«Цифровизация Дальнего Востока: проектная готовность, глобальная неизбежность, управляемый риск»	235
3.6 ОК2019 ЦТ «Цифровая трансформация энергетической компании».....	249
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	261
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	263

Уважаемые коллеги!

Перед вами сборник «Инженерные кейсы: от практических задач до инновационных решений» – совершенно новое учебное пособие для вузов, ведущих подготовку по инженерно-техническим специальностям.

Это пособие – результат совместного труда ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Фонда образовательных проектов «Надежная смена», ООО «АстраЛогика», ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», АО «СО ЕЭС», ФГАО ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», ООО «Геотехпроект», ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и др.

Фонд «Надежная смена» с 2007 года занимается популяризацией инженерно-технического образования и содействует молодежи в получении личностных и профессиональных компетенций.

Мы реализуем образовательные проекты и программы, позволяющие школьникам поступить в лучшие вузы, студентам – стать востребованными профессионалами, молодым специалистам – развить их карьеру.

С 2014 года центральным элементом образовательной программы всех наших проектов выступает инженерный кейс. Мы считаем, что метод кейсов позволяет нашим участникам еще на этапе обучения познакомиться с реальными рабочими ситуациями и включиться в решение задач, стоящих перед конкретными компаниями ТЭК и МСК. Более того, вместе с нашими партнерами мы разрабатываем инженерные кейсы, отражающие наиболее актуальные проблемы ТЭК и МСК России и, таким образом, вовлекаем отраслевую молодежь в решение глобальных задач.

Мы считаем, что использование метода инженерных кейсов дает молодым людям возможность отточить множество полезных навыков: умение распределять роли в команде, искать, структурировать и анализировать информацию, вырабатывать согласованное мнение, презентовать и аргументировать свои идеи в общении с экспертами.

Соревнования по решению инженерных кейсов стали основой для многих федеральных мероприятий: Молодежный день #ВместеЯрче Международного форума «Российская энергетическая неделя», Всероссийский летний образовательный форум «Энергия молодости», Всероссийский молодежный научно-практический форум «Горная школа», Всероссийский научно-практический форум «Школа лидеров энергетики», и, конечно, флагманский проект фонда «Надежная смена» – Международный инженерный чемпионат «CASE-IN».

В настоящем сборнике мы собрали задания кейсов, которые решали участники трех сезонов Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» в 2017-2019 гг.

Эти кейсы подготовлены по материалам и совместно с нашими партнерами – компаниями АО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС», СИБУР, ПАО «НК «Роснефть», ООО «Майкромайн Рус», ООО «Транснефтьэнерго», ПАО «НЛМК», АО «Гринатом», ПАО «Русгидро», АК «Алроса» (ПАО).

Наша цель – внедрить метод инженерных кейсов в образовательный процесс, чтобы его эффективно могли использовать как преподаватели, так и будущие специалисты.

Сборник предназначен для студентов, его материалы могут быть полезны и старшеклассникам, планирующим обучение по направлениям ТЭК и МСК, а также молодым специалистам, заинтересованным в профессиональном развитии. Задания снабжены методическими рекомендациями, которые помогут вам в этой работе.

Мы уверены, что это учебное пособие будет для вас не только полезным, но и вдохновит вас присоединиться к нашим проектам

Удачи в решении инженерных кейсов!

*Королев Артем Сергеевич
Директор Благотворительного фонда
«Надежная смена»*

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ

Словарь терминов

Casestudy – метод исследования, предполагающий углубленное и детальное изучение предмета исследования (кейса), а также связанных с ним условий.

Casemethod – метод обучения, ставящий студентов в роль людей, которые столкнулись с трудными решениями в какой-то момент в прошлом.

Casefame – моделирование управления.

Casehistory – наглядная иллюстрация.

Моделирование – построение модели ситуации.

Системный анализ – системное представление и анализ ситуации.

Мысленный эксперимент – способ получения знания о ситуации посредством ее мысленного преобразования.

Методы описания – создание ситуации описания.

Проблемный метод – представление проблемы, лежащей в основе ситуации.

Метод классификации – создание упорядоченных перечней свойств, сторон, составляющих ситуации.

Игровые методы – представление вариантов поведения героев ситуации.

Мозговая атака (мозговой штурм) – генерирование идей относительно ситуации.

Дискуссия – обмен взглядами по поводу проблемы и путей ее решения.

Инженерный кейс – это практическая задача, основанная на реальной производственной ситуации.

Команда – это группа людей, организованных для совместной работы ради достижения общей цели и разделяющих ответственность за полученные результаты.

Из истории кейсов

Метод **case-study** наиболее широко используется в обучении экономике и бизнес-наукам за рубежом. Впервые он был применен в учебном процессе в школе права Гарвардского университета в 1870 году. Его внедрение в Гарвардской школе бизнеса началось в 1920 году. Первые подборки кейсов были опубликованы в 1925 году в Отчетах Гарвардского университета о бизнесе.

В настоящее время сосуществуют две классические школы **case-study** – Гарвардская (американская) и Манчестерская (европейская). В рамках первой школы целью метода является обучение поиску единственно верного решения, вторая – предполагает многовариантность решения проблемы. Американские кейсы больше по объему (20-25 страниц текста, плюс 8-10 страниц иллюстраций), европейские кейсы в 1,5-2 раза короче.

Лидером по сбору и распространению кейсов является созданный в 1973 году по инициативе 22 высших учебных заведений The Case Clearing House of Great Britain and Ireland; с 1991 года он называется Europe an Case Clearing House (ЕССН). ЕССН является некоммерческой организацией, которая связана с организациями, предоставляющими и использующими кейсы, и расположенными в различных странах мира. В настоящее время в состав ЕССН входит около 340 организаций, среди которых The Harvard Business School Publishing, Институт развития менеджмента (IMB) в Лозанне, в Швейцарии, INSEAD, в Фонтенбло во Франции, IESE в Барселоне в Испании, Лондонская бизнес-школа в Англии, а также Школа менеджмента в Кранфилде. У каждой из этих организаций своя коллекция кейсов, право на распространение которых имеет ЕССН.

Сегодня метод **case-study** завоевал ведущие позиции в обучении, активно используется в зарубежной практике бизнес – образования. Так Гарвардская школа бизнеса выделяет почти 90% учебного времени на разбор конкретных кейсов, сохраняя приоритетное значение метода case-study в обучении бизнесу.

Среднестатистический студент Гарварда или любой другой бизнес-школы за время своего обучения «прорабатывает» сотни кейсов. Каждый год в Гарварде издаются сотни новых кейсов, методических пособий и дополнений к коллекции кейсов.

Решение кейсов, подкрепленное блестяще освоенной теорией и умением выполнять массу вычислений, – это также решение совершенно разных задач на производстве, постоянное развитие своего инженерного опыта, а также усвоение смежных областей знаний из области финансов, юриспруденции, права, дипломатии и пр.

Метод **case-study** (или, как писали в двадцатые годы, «метод казусов») был известен преподавателям экономических дисциплин в нашей стране еще в 20-е годы прошлого столетия. В сентябре 1926 года состоялась конференция преподавателей по экономическим дисциплинам в совпартшколах, на которой рассматривались вопросы применения различных методов и методик обучения. В период с октября 1924 г. по октябрь 1925 г. преподаватели совпартшкол ознакомились с методом кейсов в одном из американских экономических журналов (Harvard Business Review) – органе Гарвардского университета.

Метод **case-study**, достоинства которого так хорошо понимали преподаватели экономических дисциплин, тем не менее, не применялся в СССР достаточно долго. Интерес к нему возник лишь в конце двадцатого столетия.

Г.С. Альтшуллер за период с 1946 по 1971 проанализировал огромное количество примеров того, как инженеры приходили к каким-то новым техническим решениям. На основании этого ему удалось выявить общие подходы и разработать ряд алгоритмов, использование которых серьезно упрощает процесс изобретательства, делает его более эффективным. Появилась теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).

В последние годы в связи с курсом на модернизацию российского образования в системе высшей школы России происходит поиск новых эффективных методов обучения.

Проблема внедрения метода **case-study** в практику разных уровней образования в настоящее время является весьма актуальной, что обусловлено двумя тенденциями:

Первая вытекает из общей направленности развития образования, его ориентации не столько на получение конкретных знаний, сколько на формирование профессиональной компетентности, умений и навыков мыслительной деятельности, развитие способностей личности, среди которых особое внимание уделяется способности к обучению, смене парадигмы мышления, умению перерабатывать огромные массивы информации.

Вторая – из развития требований к качеству специалиста, который, кроме удовлетворения требованиям первой тенденции, должен обладать также способностью оптимального поведения в различных ситуациях, отличаться системностью и эффективностью действий в условиях кризиса.

В настоящее время активные методы обучения, в том числе метод **case-study**, достаточно широко применяются при подготовке экономических кадров в ряде ведущих экономических вузов России.

Использование метода **case-study** в обучении студентов позволяет

- повысить познавательный интерес к изучаемым дисциплинам;
- наладить представление технических процессов;
- улучшить понимание экономических законов;
- развить исследовательские, коммуникативные и творческие навыки принятия решений.

Отличительной особенностью метода **case-study** является создание проблемной ситуации на основе фактов из реальной жизни. Созданный как метод изучения экономических дисциплин, в настоящее время метод **case-study** нашел широкое распространение в изучении медицины, юриспруденции, а также технических наук.

1.1 CASE-технологии в обучении

CASE-технология – это

- техника обучения, использующая описание реальной ситуации, в рамках которой необходимо проанализировать ситуацию, разобраться в сути ее проблемы, предложить возможные решения (создать прототип) и выбрать лучшее (усовершенствовать);

- специально подготовленный материал с описанием конкретной проблемы, которую необходимо разрешить в составе группы;
- конкретная практическая ситуация, демонстрирующая событие, в котором обнаруживается проблема, требующая решения.

Метод **case-study** (конкретных ситуаций) относится к неигровым имитационным активным методам обучения, по сути являясь методом активного проблемно-ситуационного анализа, основанного на обучении путем решения конкретных задач – ситуаций.

Цель метода **case-study** – проанализировать ситуацию (Case), возникающую при конкретном положении дел, и выработать практическое решение совместными усилиями группы студентов.

Традиционное обучение даёт человеку знания, благодаря которым он способен найти выход из ситуации на основе прошлого. Интерактивное обучение даёт человеку знания и опыт, позволяющие ему справляться с настоящим. Одним из способов эффективного применения теории в реальной жизни, при решении возникающих проблем, является решение учебно-конкретных ситуаций или метод ситуационного обучения, а также обучение на примере разбора конкретной ситуации.

Навыки и умения

Умения и навыки – это способности, которые можно развивать и которые в той или иной степени эффективно проявляются на практике. Эти способности не обязательно должны быть врождёнными. В современном мире содержание и структура учебных планов, программ и учебников, а также методы и приёмы обучения в образовательных учреждениях направлены на приобретение таких умений.

Результаты экспертного опроса¹ представителей организаций-заказчиков относительно значимости различных характеристик при приёме выпускника на работу показали, что в современных условиях каждый будущий и молодой специалист должен приобрести:

- широкие знания, обеспечивающие возможности приспособиться к изменениям, происходящим в отрасли;
- прочные базовые навыки и умения, способствующие дальнейшему развитию;
- надлежащие познавательные умения и навыки, и более усложнённые навыки познавательного мышления;
- достаточный опыт в применении знаний и навыков для решения незнакомых проблем, и задач;
- умение и опыт делать выбор и осуществлять право голоса;
- умение вести деловые переговоры и налаживать коммуникации;
- иметь хорошо поставленную речь.

Есть три типа навыков, имеющих важное значение для молодого специалиста:

- **технические навыки**, включающие специальное или профессиональное знание;
- **навыки человеческих отношений**, которые позволяют работать в коллективе и мобилизовать совместные усилия, направляя их на эффективное достижение общих целей;
- **концептуальные навыки**, которые подразумевают способность оценивать общую ситуацию, которые позволяют учитывать взаимозависимость различных частей организационной структуры и понимать, каким образом изменения в одной части вызовут изменения и в другой.

Метод **case-study** позволяет развить шесть основных навыков:

- структурное и систематическое мышление;
- широту анализа;
- глубину анализа;

¹ Бухгалтерский учёт. Сборник кейсов. Учебное пособие / Под ред. Камарджановой. М.: Инфра-М, 2003

- мастерство презентации результатов;
- мастерство командной работы;
- мастерство работы с возражениями.

Инженерные кейсы

Инженерный кейс – это практическая задача, основанная на реальной производственной ситуации, которая готовится по материалам конкретного технологического предприятия, компании, холдинга, корпорации или другой организации. Основным отличием инженерных кейсов от бизнес-кейсов является то, что в их основе лежат конкретные инженерные задачи с несколькими возможными правильными решениями и определенным подбором данных.

По структуре выделяют три вида кейсов:

- структурированные;
- неструктурированные;
- первооткрывательские.

Первые формируют умения последовательно применять теоретические знания и математический аппарат на практике. Вторые и третьи способствуют поиску нестандартных решений.

Кейс может содержать следующие разделы информации, как представлено на рисунке 1.1.1.

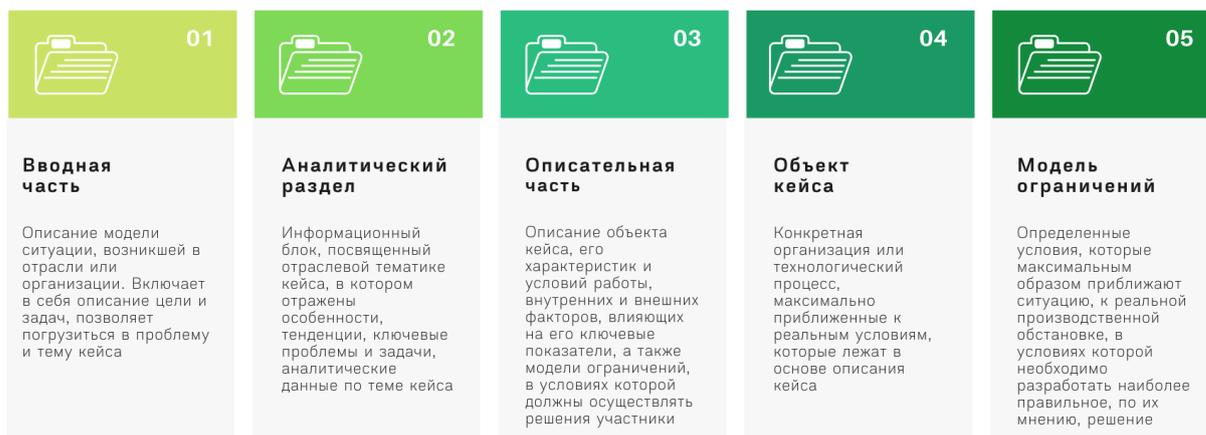


Рисунок 1.1.1 – Основная структура кейса.

Основными преимуществами кейсов можно назвать следующие:

- направлены на исследовательскую, управленческую или инженерно-проектную деятельность;
- развивают коллективные навыки работы, коммуникационные способности, умения работать в команде;
- интегрируют в себе технологию развивающего и проектного обучения;
- выступают в обучении как синергетическая технология («погружение» в ситуацию, «умножение» знаний, «озарение», «открытие»);
- позволяют создать ситуацию успеха и мобилизовать внутренние интеллектуальные ресурсы;
- позволяют развить навыки эффективной работы с информацией;
- отрабатывать умения аргументации своей позиции;
- вырабатывать устойчивость к стрессовой ситуации;
- обучают навыкам тайм-менеджмента.

За время проведения кейс-чемпионатов, Благотворительный фонд «Надёжная Смена» выработал систематизацию инженерных кейсов, максимально отражающих объективную постоянную деятельность инженерно-технологического персонала компаний:

- кейсы перспективного развития,

- эксплуатационные кейсы,
- научно-исследовательские кейсы.

Основные правила работы при решении кейсов

В первую очередь нужно самостоятельно прочесть предоставленный материал и внимательно ознакомиться с дополнительной литературой.

Следует подчеркнуть, что единственно верного ответа при данной форме работы не существует, решений у одного кейса может быть множество, и все их можно и нужно выдвигать, обсуждать и аргументировать.

Начинать решение кейса стоит с выявления проблемы, ключевого места конкретной задачи.

Продуктивнее будет распределить зоны ответственности среди участников команды, спланировать работу и приступить к генерации идей и их обсуждению.

Решение, принятое командой, требует защиты перед экспертной комиссией: сведение результатов обсуждения в наглядную презентацию и выступление с докладом о предлагаемом решении.

1.2 Работа над кейсом

Подготовка к работе в команде

Команда – это группа людей, организованных для совместной работы ради достижения общей цели и разделяющих ответственность за полученные результаты. Исходя из данного определения, можно выделить три основных характерных признака команды:

- люди объединяются для выполнения работы;
- наличие общей цели: все члены команды работают на единый конечный результат;
- наличие взаимной и коллективной ответственности, когда каждый член команды в равной степени ответственен за выполнение поставленной перед командой задачи.

Факт создания команды не гарантирует получения ожидаемого результата. Отличительный признак команды – степень взаимозависимости ее членов при выполнении работы. Проще говоря, чтобы решить какую-нибудь задачу, члены команды должны работать вместе.

Необходимо все спланировать для организованного и целенаправленного перехода на командные принципы деятельности и определить следующие пункты:

- цели создания команды и ожидаемые результаты;
- квалификацию и практический опыт потенциальных участников команды;
- оптимальную структуру команды.

Требования к команде и ее членам

Эффективная команда – это команда, участники которой понимают, к чему идут, поэтому стоит придерживаться трёх правил:

- всегда видеть результат;
- определить принципы управления процессом;
- понимать правила игры: как обсуждаем, как работаем, что делаем, чего не делаем.

Если команда новая, много времени уходит на то, чтобы договориться, но именно способность договариваться делает команду эффективной.

Обобщая работы Б.В. Такмена, Дж.В. Ньюстрона и К. Дэвиса в области групповой динамики, можно выделить следующие этапы становления команды, представленные на рисунке 1.2.1.

01	Формирование	Ориентировка в задаче, поиск членами группы наилучшей возможности решить задачу
02	Буря/бурление	Эмоциональный ответ на требования задачи, противодействие членами группы вследствие несовпадения личных интересов с условиями, необходимыми для выполнения задачи
03	Нормализация	Открытый обмен релевантными интерпретациями, информационный обмен между членами группы. Приступают к решению конкретных задач. Команда переходит к непосредственной работе
04	Действие	Принятие решений, конструктивные попытки решить задачу. Команда в состоянии плодотворно работать над текущей задачей
05	Завершение	Достижение поставленных ранее целей и задач. Команда подводит итоги своей работы.

Рисунок 1.2.1 – Этапы становления команды.

На первом этапе команда проходит ориентацию, осуществляемую, главным образом, посредством испытания. Такое испытание необходимо для определения границ межличностного поведения и поведения в отношении задач. Параллельно с испытанием в межличностной сфере происходит установка отношений зависимости с лидером, другими членами команды или стандартами.

На втором этапе команда приобретает уверенность, но присутствует конфликт и поляризация вокруг межличностных вопросов. Члены команды демонстрируют собственные характеры, по мере того как они вступают в конфликт с идеями и взглядами других членов. Капитану необходимо сделать акцент на терпимости в отношении каждого члена группы и их различий.

На следующем этапе эффективность команды увеличивается и начинает развиваться идентичность. Появляется сознательное усилие разрешить проблемы и достигнуть согласованности в группе. Уровни мотивирования повышаются. Капитан команды может допустить большую автономию в группе.

На четвертом этапе команда становится единым механизмом. Она выполняет работу беспрепятственно и эффективно без неуместного конфликта или потребности во внешнем контроле. Члены команды обладают компетенцией, автономией и способностью принимать решения без контроля сверху. Присутствует уверенность в своих способностях. Капитан команды может позволять команде принимать большинство необходимых решений.

На последнем этапе участники пытаются разобраться с оставшимися нерешенными внутри командными проблемами, оценить уровень своей производительности и завершить свои отношения на данном этапе. Главная цель этой стадии заключается в том, чтобы помочь участникам команды сохранить свою энергию для продолжения совместного развития после завершения работы в команде над кейсом.

Все эти стадии становления, в той или иной степени, обязательно происходят в каждой вновь организованной группе. К этому нужно быть готовым участникам команды и ее формальному лидеру. Все фазы необходимы и неизбежны - для роста команды, решения задач, поиска решений, планирования работы и достижения результатов.

Наладить работу в команде – одна из самых важных вещей для победы.

Распределение функций и зон ответственности в команде

Лучший способ достичь цели – логически выстроить команду и обеспечить благоприятный деловой климат. Когда команда работает на общее дело, вносит или принимает изменения, четкое разделение по ролям обеспечивает понимание причины и систему поддержки для выполнения задачи.

Российские и зарубежные специалисты-управленцы, как теоретики, так и практики по-разному оценивают подходы к распределению ролевых функций среди членов команды и тем самым эффективность такого распределения ролей.

Эффективна модель RACI, на основании которой распределяются роли и зоны ответственности между участниками. Подход RACI состоит из четырех основных ролей:

- **Responsible (исполнитель)** – ответственен за определённый участок работы, он доверен только ему. Как правило, в зависимости от задачи, таких ролей может быть несколько.
- **Accountable (ответственный)** – управляет процессом, является его владельцем. Отвечает за ключевые показатели – качество, результаты и сроки. Характеризуется высокой вовлеченностью, он управляет процессом стратегически, дает качественную и своевременную обратную связь. Такая роль должна быть единственной в рамках одной задачи.
- **Consulted (эксперт)** – обладает экспертизой в том или ином вопросе. Рекомендуется привлекать одного, не более двух экспертов, так как большое количество экспертов в рамках одной задачи может значительно затруднить коммуникацию и чревато профессиональными спорами.
- **Informed (информирующий)** – обладает всей информацией по процессу, может косвенно влиять на результат.

Мередит Белбин (1981) обнаружил, что в высокопроизводительных командах ее члены играли одну или несколько определенных ролей. Если эти роли отсутствовали, эффективность команды значительно снижалась (рис. 1.2.2).

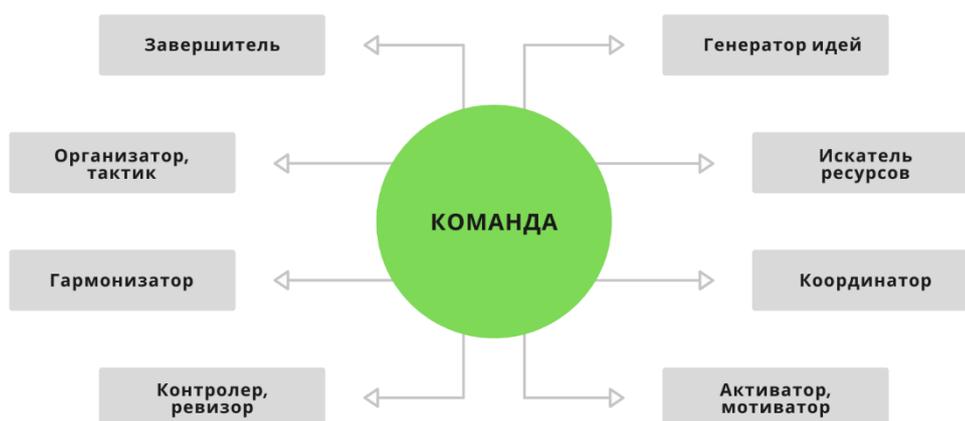


Рисунок 1.2.2 – Роли в команде по Белбину.

В каждой проектной команде, которая стремится эффективно организовать свою работу, независимо от ее численного состава, должны выполняться 8 ролей:

Генератор идей – оригинальный мыслитель, который дает жизнь новым идеям. Независимый сотрудник с развитым воображением, но подобно остальным людям имеет негативные черты характера – может быть чрезмерно чувствительным к критике. Для успеха необходимо развивать отношения с руководителем или координатором группы.

Искатель ресурсов, так же, как и генератор идей в состоянии привнести новые идеи в группу, но эти идеи будут заимствованы извне, благодаря широким контактам. Несколько бесцеремонный, гибкий и ищет благоприятные возможности. Обычно разговаривает по телефону или находится где-нибудь на встрече. Не дает развиваться групповой инертности. К отрицательным качествам характера относится лень, самодовольство и, иногда, требуется кризис или давление обстоятельств, чтобы мотивировать его.

Координатор обычно формальный лидер группы. Руководит и направляет группу в сторону достижения целей. Может заранее определять, кто из работников хорош для выполнения необходимых задач. Обычно спокойный, уверенный и распорядительный.

Однако иногда склонен к излишнему доминированию, и группа становится продолжением его сильного «Я».

Активатор, мотиватор – видит мир как проект, который требует внедрения. Обычно уверенный, динамичный, эмоциональный и импульсивный. Мотор группы, но может быть раздражительным, несдержанным, нелюбезным.

Оценивающий контролер, ревизор оценивает предложения и занимает позицию наблюдателя за продвижением. Не дает группе двигаться неправильным путем. Осмотрительный, бесстрастный, имеет аналитический склад ума. Может казаться равнодушным, незаинтересованным, иногда становится чрезмерно критичным.

Душа команды, гармонизатор отношений стремится объединять и вносить гармонию в отношения между членами группы. Занимает позицию понимающего чужие проблемы, стремится помочь и сглаживает конфликты. По натуре человек добрый, стремится налаживать неформальные отношения. Однако бывает нерешительным в сложных или кризисных ситуациях.

Организатор, тактик может преобразовать стратегический план в конкретные управленческие задачи, которые доступны для решения. Хороший организатор, методичный и прагматичный. Идентифицируется с группой, лояльный и честный сотрудник. Однако может быть негибким, непреклонным.

Завершитель отлично умеет создавать отчеты о работе группы. Озабочен точным выполнением взятых обязательств и старается не упускать из виду даже мелких деталей. «Перфекционист», заставляет придерживаться точного расписания дел, но может становиться излишне тревожным.

Вряд ли вы будете работать в команде из восьми человек, которые представляют собой идеальный вариант каждого типа. Некоторые люди могут вообще не попадать ни в одну из командных ролей, в то время как многие другие могут демонстрировать характеристики двух или трех типов. Вы обнаружите, что если у вас в группе присутствует слишком много представителей одного типа, то команда окажется в затруднительном положении. Большое количество организаторов может привести к конфликту и ухудшению работы группы. Большое количество более дипломатичных представителей «рабочих лошадок» и завершителей, идущих в хвосте группы, может привести к довольной собой, но мало чего достигшей команде, чьи участники больше внимания уделяют достижению соглашения, а не достижению результатов.

1.3 Подготовка решения

Постановка целей и планирование работы

Решение инженерного кейса – это сложная цепочка задач и процессов, которое начинается с постановки целей для команды и каждого ее участника. Как необходимо ставить цели, чтобы они были достигнуты и с тем результатом, который необходим? Цели должны быть умными. Что это означает? В практике управления существуют так называемые SMART-критерии, которым должны соответствовать цели. SMART – это аббревиатура, образованная первыми буквами английских слов:

- конкретный (specific) – объясняется, что именно необходимо достигнуть;
- измеримый (measurable) – объясняется в чем будет измеряться результат. Если показатель количественный, то необходимо выявить единицы измерения, если качественный, то необходимо выявить эталон отношения.;
- достижимый (attainable) – объясняется за счёт чего планируется достигнуть цели и возможно ли её полное достижение;
- значимый (relevant) – определение истинности цели, в рамках которой необходимо удостовериться, что выполнение данной задачи действительно необходимо;
- соотносимый с конкретным сроком (time-bounded) – определение временного триггера/промежутка по наступлению/окончанию которого должна быть достигнута цель (выполнена задача).

Таким образом, правильная постановка цели означает, что цель является конкретной, измеримой, достижимой, значимой и соотносится с конкретным сроком.

Следующим шагом является планирование – это процесс, обсуждение во время которого выясняется объем работ, цели и пути, необходимые для их достижения. Создавая план работы, капитан команды уже должен обладать ключевыми знаниями и умениями. Это повышает шансы на успешную его реализацию. Кроме того, подготовленный план поможет предвидеть и избежать необязательных ошибок и принятия неверных решений, а также поспособствует экономии времени и уменьшению трудозатрат. Планирование призвано помочь экономить время, правильно его использовать.

Хорошо подготовленный план должен отвечать на следующие вопросы:

- Какая работа должна быть выполнена для достижения результата и конечных целей?
- Кто отвечает за реализацию каждого из участков работы и как они должны быть организованы?
- В какой срок должны быть выполнены те или иные работы?

Есть два критерия планирования:

- максимальный (рациональный) – находить время для выполнения важных задач;
- минимальный – достигать необходимых результатов с минимальными сроками, потерями времени.

Для упрощения решения текущих вопросов предлагаются следующие рекомендации:

✓ Составляйте план задач на текущий день – десять минут помогут сэкономить два часа работы, ускорят процесс работы, помогут определиться с важными вопросами.

✓ Планировать следует 60% своего времени, остальные 40% – оставлять на текущие и непредвиденные вопросы.

✓ Определить основные помехи в работе, запишите, чем занимались в течение дня, что отвлекало от работы, как сократить эти пункты.

✓ Учитесь делегировать задачи. Капитану команды следует внимательно посмотреть на список, какие работы можете сделать только он, что можно поручить другим участникам команды.

✓ Начиная день с наиболее сложного и важного вопроса, который не вызывает радости. Сделав такой пункт плана, почувствуете облегчение и гордость, справились, можно продолжать спокойно работать дальше.

✓ Занимайтесь планированием дня регулярно, ставьте перед собой реальные задачи – до 10 задач максимум, если часть – небольшие, быстро решаемые.

✓ План работы должен быть конкретным и содержать результат, а не просто действие. Проставляйте временные рамки, время – важный ресурс для Вашей команды, стоит беречь его и решать всё оперативно.

✓ Лучше рассмотреть один вопрос конкретно, чем десять обсуждать 2 часа, не приняв никаких решений. Время выполнения работы должно быть напротив каждого пункта, чтобы не затягивался процесс работы, будет срабатывать внутренний настрой.

✓ Определитесь с порядком выполнения дел, что является наиболее важным в списке, что можно перенести «на потом». Старайтесь выполнять всё спокойно и уверенно, без спешки. Только так можно выполнять задачи идеально, без ошибок. Правильное планирование поможет избежать стресса срочных дел, которые нужны ещё «на вчера».

✓ Чередуйте работы – долгосрочные и краткосрочные, одиночные и командные. Это позволит не уставать от однообразия, увеличит продуктивность труда.

✓ Постоянный контроль над движением к намеченным результатам обеспечит успешную работу в нужном направлении.

Основные рекомендации для эффективного управления временем:

- научиться мотивировать себя, участников команды к выполнению задач;
- целеполагание – умение правильно ставить долгосрочные и краткосрочные цели;

- планирование во временных рамках — на час, день, неделю;
- расстановка приоритетов в выполнении задач, мобильность и готовность к изменению задач, подходов к решению;
- работа с информацией – важно научиться находить необходимую для решения стратегических и оперативных задач информацию, хранить, использовать, чтобы всегда можно было найти;
- борьба с поглотителями времени – поиск утечки времени, контроль над распределением временных ресурсов, минимизации необоснованных действий;

Генерация идей

Основной трудностью при генерировании новых идей, помогающих решать поставленные задачи, является уход от привычных способов ассоциирования информации. Эта «логика опыта» мешает нам комбинировать информацию необычными способами.

Существует много различных методов, способных помочь при генерировании новых идей. Упор больше делается на количество созданных идей, чем на их качество. Это дает множество идей, которые можно применять при выработке решений, оцениваемых впоследствии.

Важным элементом при использовании почти всех этих методов является отсрочка вынесения оценки, что означает намеренный отказ от любого типа оценки. Оценка идей тормозит воображение и мешает разуму создавать нетипичные и потенциально полезные связи.

Иногда бывает легко придумывать необычные или радикальные идеи, например, когда мы знаем, что всего лишь «играем». Однако, как только мы сталкиваемся с серьезной задачей, то сразу исключаем эти идеи, осознанно или неосознанно, потому что они обычно не ассоциируются с практическим решением либо являются слишком рискованными.

Можно указать три направления поиска нестандартных решений:

- 1) использование методов активного генерирования вариантов решения, их перебора и сравнения;
- 2) обобщение нестандартных приемов, доказавших свою эффективность в узкой области, распространение их на более широкий класс задач;
- 3) выявление закономерностей (законов) развития реальных систем определенного класса, и на их основе – предсказание дальнейшего хода эволюции систем, обоснование методов разрешения возникающих противоречий и построения более эффективных «идеальных» систем.

Рассмотрим подробнее основные методы генерации идей.

а. Метод мозгового штурма (мозговой штурм, мозговая атака, англ. brainstorming) – оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать возможно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастических, команда пытается их развить, тут же анализирует их, выявляя недостатки и преимущества. Затем из общего числа высказанных идей отбирают наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике.

Правильно организованный мозговой штурм включает три обязательных этапа, представленными на рисунке 1.3.1.



Рисунок 1.3.1 – Этапы мозгового штурма.

Для проведения мозговой атаки обычно создают две группы: участники, предлагающие новые варианты решения задачи; члены комиссии, обрабатывающие предложенные решения.

В процессе мозгового штурма, как правило, вначале решения не отличаются высокой оригинальностью, но по прошествии некоторого времени типовые, шаблонные решения исчерпываются, и у участников начинают возникать необычные идеи. Капитан или назначенный им ведущий записывает или как-то иначе регистрирует все идеи, возникшие в ходе мозгового штурма.

Затем, когда все идеи высказаны, производится их анализ, развитие и отбор. В итоге находится максимально эффективное и часто нетривиальное решение задачи.

Успех мозгового штурма сильно зависит от психологической атмосферы и активности обсуждения, поэтому роль капитана команды в мозговом штурме очень важна. Именно он может «вывести из тупика» и вдохнуть свежие силы в процесс.

в. Мыслительные колпаки – или «Шесть шляп мышления» Эдварда Де Боно (рис. 1.3.2). В основе метода лежит идея параллельного мышления. Традиционное мышление основано на полемике, дискуссии и столкновении мнений. Однако при таком подходе часто выигрывает не лучшее решение, а то, которое более успешно продвигалось в дискуссии. Параллельное мышление – это мышление конструктивное, при котором различные точки зрения и подходы не сталкиваются, а сосуществуют.



Рисунок 1.3.2 – Распределение ролей в методе шести шляп.

В групповой работе самая распространенная модель — определение последовательности шляп в начале сессии. Последовательность определяется исходя из решаемой задачи. Затем начинается сессия, во время которой все участники одновременно «надевают шляпы» одного цвета, согласно определенной последовательности, и работают в соответствующем режиме. Модератор (капитан команды) остается под синей шляпой и следит за процессом. Результаты сессии суммируются под синей шляпой.

Метод шести шляп позволяет структурировать и сделать намного более эффективной любую умственную работу, как личную, так и коллективную.

с. Ментальные карты. Майндмэппинг (mindmapping) – это удобная и эффективная техника визуализации мышления и альтернативной записи. Это не очень традиционный, но очень естественный способ организации мышления, имеющий несколько неоспоримых преимуществ перед обычными способами записи. В этой теории в центр листа вписывается ключевое понятие, а все ассоциации, которые необходимо запомнить, указываются на ветвях, идущих от главного слова. Идеи можно также рисовать. Создание такой карты помогает придумывать новые ассоциации, образ карты гораздо лучше запоминается.

Вместо линейной записи лучше использовать радиальную. Это значит, что главная тема, на которой будет сфокусировано наше внимание, помещается в центре листа. То есть действительно в фокусе внимания. Записывать не всё подряд, а только ключевые слова. В качестве ключевых слов выбираются наиболее характерные, яркие, запоминаемые, «говорящие» слова.

d. Морфологический анализ – это пример системного подхода в области изобретательства. Метод разработан известным швейцарским астрономом Фрицом Цвикки. Благодаря этому методу ему удалось за короткое время получить значительное количество оригинальных технических решений в ракетостроении.

Для проведения морфологического анализа необходима точная формулировка проблемы, причем независимо от того, что в исходной задаче речь идет только об одной конкретной системе, обобщаются изыскания на все возможные системы с аналогичной структурой и в итоге дается ответ на более общий вопрос.

Морфологический анализ основан на построении таблицы (морфологический ящик), в которой перечисляются все основные элементы, составляющие объект и указывается, возможно, большее число известных вариантов реализации этих элементов. Комбинируя варианты реализации элементов объекта, можно получить самые неожиданные новые решения.

Последовательность действий при этом следующая:

- точно сформулировать проблему;
- определить важнейшие элементы объекта;
- определить варианты исполнения элементов;
- занести их в таблицу;
- оценить все имеющиеся в таблице варианты;
- выбрать оптимальный вариант.

Расчет строится на том, что в поле зрения могут попасть варианты, которые ранее не рассматривались. Принцип морфологического анализа легко реализуется с помощью компьютерных средств. Однако для сложных объектов, имеющих большое число элементов, таблица становится слишком громоздкой. Появляется необходимость рассмотрения огромного числа вариантов, большая часть которых оказывается лишённой практического смысла, что делает использование метода слишком трудоемким.

е. Метод проб и ошибок – врождённый метод мышления человека или метод перебора вариантов.

Достоинства метода:

- этому методу не надо учиться;
- методическая простота решения;
- удовлетворительно решаются простые задачи (не более 10 проб и ошибок).

Недостатки метода:

- плохо решаются задачи средней сложности (более 20—30 проб и ошибок) и практически не решаются сложные задачи (более 1000 проб и ошибок);
- нет приёмов решения, нет алгоритма мышления, процесс не управляем и идет почти хаотичный перебор вариантов;

- неизвестно, когда будет решение и будет ли вообще;
- отсутствуют критерии оценки силы решения, поэтому не ясно, когда прекращать думать.

Считается, что для метода проб и ошибок выполняется правило – «первое пришедшее в голову решение – слабое». Объясняют этот феномен тем, что человек старается поскорее освободиться от неприятной неопределенности и делает то, что пришло в голову первым.

Сбор данных и источники данных

Благодаря тому, что молодые поколения инженеров получают доступ к большому количеству информации, способ исследования становится совершенно иным. В вашем распоряжении имеется множество поисковых систем, чтобы искать что угодно: от базовых уравнений до передовых технических материалов.

Найти полезную информацию в интернете бывает непросто. Особенно, если на поиск нет времени. Ниже представлены содержательные источники и приложения для инженеров-электриков, справочные статьи и популярные блоги.

Официальные и государственные порталы

Нужную информацию можно найти на официальных сайтах организаций, контролирующих работу инженеров. На универсальных площадках представлены документы, новости отрасли, обучающие программы, информация о грантах, трудоустройстве, проектах и конкурсах. Таблице 1.3.1 представлены основные ресурсы.

Таблица 1.3.1

Основные информационные ресурсы

1	Инжиниринг — Инженерное дело	На сайте публикуются свежие новости, основные документы (законодательные акты) и опросы участников отрасли. Здесь можно узнать, где и когда открываются новые заводы, кто и зачем инвестирует в технологичные проекты, как внедряют инновации.
2	Клуб инженерных предпринимателей МГТУ им. Баумана	На сайте представлены справочные материалы, рецензии на книги по инжинирингу и бизнесу, анонсы открытых лекций и вебинаров, отчеты по ним, кейсы и площадка для общения.
3	Портал EnginRussia	На сайте есть справочный раздел, информация о конкурсах, центрах инжиниринга и вакансиях, форум. Здесь же можно найти аналитические статьи и отраслевые новости.
4	Публикации Российской инженерной академии	На сайте выложены информация о проводимых Академией конкурсах, подборка публикаций и каталог книг. Книги придется заказывать отдельно, публикации можно просматривать в браузере
5	Библиотека форума DWG	DWG — сайт для проектировщиков и инженеров, снабженный всей необходимой справочной информацией. Помимо самой библиотеки, есть форум, данные по действующим программам, отраслевые новости.

Формирование гипотез и их анализ

Формирование начальной гипотезы – базовый принцип решения кейса. Построение гипотез – это мыслительный процесс перехода от неполных вероятных знаний к полным и достоверным знаниям. Рассмотрим все этапы построения гипотез (версий).

Выдвижение гипотезы включает всестороннее изучение наблюдаемых явлений, анализ и отбор фактов, находящихся в причинно-следственной, временной связи с указанными обстоятельствами, анализ отдельных фактов и отношений между ними. Выдвижение гипотезы (версии) состоит из следующих шагов:

- анализ отдельных фактов и отношений между ними;
- синтез фактов, их обобщение;
- формулировка предположения.

Анализ (от греч. analysis – разложение, расчленение, разбор) - логический прием, метод исследования, состоящий в том, что изучаемый предмет мысленно или практически

расчленяется на составные элементы (признаки, свойства, отношения), каждый из которых затем исследуется в отдельности как часть расчлененного целого.

Синтез (от греч. *synthesis* – соединение, составление, сочетание) – мысленное соединение частей предмета, расчлененного в процессе анализа, установление взаимодействия и связей частей и познание этого предмета как единого целого. В процессе синтезирования познается нечто новое - взаимодействие частей как целого.

В результате анализа и синтеза фактического материала, собранного из открытых источников или известного путем накопленного опыта, происходит отделение существенного от несущественного и обобщение существенных фактических обстоятельств.

Выдвижение предположения осуществляется с помощью логических умозаключений.

Умозаключение, в котором формулируется основное предположение гипотезы, может строиться в форме аналогии, неполной индукции, индуктивных методов установления причинно-следственной связи, вероятностного силлогизма в различных его вариантах. Например, руководствуясь дедуктивным методом (если А, то В; если В, то С; если С, то D), легче потом будет выстроить обратную логическую цепочку (от D к А) и отбросить неверные предположения.

Самый сложный и загадочный процесс при формировании версии или гипотезы - это возникновение новой идеи. Этот процесс складывается из сознательных (рациональных, логических) рассуждений и бессознательных усилий, в которых большую роль играет интуиция. Интуиция - форма бессознательного непосредственного усмотрения сущности явлений, основанная на богатстве знаний и опыта личности.

Гипотеза (версия) должна быть эмпирически и теоретически обоснована, и согласована с уже имеющимся знанием. Если факт установлен с достоверностью, то сбор дальнейшего материала можно прекратить. Если полученные выводы с одними фактами согласуются, а другими опровергаются, то необходимо расширить пределы собирания доказательств до устранения или объяснения противоречий. При проверке двух или более взаимосвязанных следствий проверяются в первую очередь те, которые относятся к обстоятельствам более позднего происхождения и являются более правдоподобными.

С логической точки зрения, необходимым показателем соответствия гипотезы тому фрагменту знания, на базе которого она выдвигается, является непротиворечивость: гипотеза не должна противоречить установленным знаниям.

Гипотеза должна быть принципиально проверяемой, допускать проверку фактами. Все построенные по делу версии проверяются параллельно. При этом необходимо иметь в виду, что при отпадении отдельных версий не следует упускать возможности проверки остальных версий.

Благодаря данному методу процесс решения проблемы, равно как и оценка различных альтернатив и вариантов происходит гораздо быстрее. Первоначальная гипотеза зачастую лежит на поверхности, не обязательно верная, но служит хорошей отправной точкой.

Для успешного анализа выбранного решения проблемы необходимо:

- определить ключевые факторы;
- постараться оценить всю ситуацию целиком;
- проводить только необходимый анализ (не выполняйте лишней работы).

Существует несколько моделей анализа, применяемые для решения кейсов, например, следующие:

- анализ SWOT;
- анализ PEST.

а. Метод SWOT анализа

Начиная с 1980-х годов SWOT-анализ активно используется профессионалами в области менеджмента и маркетинга. Методика SWOT является чуть ли не единственным

инструментом, который не утратил своей актуальности за время существования в инструментарии менеджеров. На сегодняшний момент с оценки SWOT начинается проведение любого бизнес-анализа предприятия. Поскольку в общем виде эта методика не содержит экономических категорий, объектом SWOT-анализа могут быть также целые отрасли экономики, сегменты рынка, города, научная сфера, государственно-общественные институты, некоммерческие организации, политические партии и даже отдельные персоны. С тем же успехом эту методику можно применять и при решении инженерного кейса. Сущность SWOT анализа заключается в анализе внутренних и внешних факторов объекта анализа, оценке рисков и конкурентоспособности в отрасли.

Элементы SWOT анализа:

- Strengths – сильные стороны

Такие внутренние характеристики объекта анализа, которые обеспечивают конкурентное преимущество на рынке или более выгодное положение в сравнении с решениями конкурентов.

Сильные стороны необходимо постоянно укреплять и улучшать.

- Weaknesses – слабые стороны

Такие внутренние характеристики объекта анализа, которые затрудняют рост бизнеса, мешают товару лидировать на рынке, являются неконкурентоспособными на рынке.

За счет слабых сторон компания может потерять долю рынка в долгосрочной перспективе и утратить конкурентоспособность. Необходимо отслеживать области, в которых компания недостаточно сильна, улучшать их, разрабатывать специальные программы для минимизации рисков влияния слабых сторон на эффективность.

- Opportunities - возможности

Благоприятные факторы внешней среды, которые могут влиять на развитие идеи в будущем. Значение возможностей рынка для компании в стратегическом планировании: возможности рынка олицетворяют источники роста бизнеса. Возможности необходимо анализировать, оценивать и разрабатывать план мероприятий по их использованию с привлечением сильных сторон компании.

- Threats - угрозы

Негативные факторы внешней среды, которые могут ослабить конкурентоспособность на рынке в будущем. Угрозы означают возможные риски в будущем. Каждая угроза должна быть оценена с точки зрения вероятности возникновения в краткосрочном периоде, с точки зрения возможных потерь. Против каждой угрозы должны быть предложены решения для их минимизации.

При использовании метода SWOT формируется матрица, увязывающая сильные и слабые аспекты организации/решения кейса с теми угрозами и возможностями, которые имеют место быть в перспективе.

Таблица 1.3.2

Матрица SWOT-анализа

	Возможности (благоприятные факторы)(O)	Угрозы (неблагоприятные факторы) (T)
Сильные стороны (S)		
Слабые стороны(W)		

Применение данной методики позволяет получить структурированное описание определенной ситуации, относительно которой требуется принять то или иное решение. Результаты проведенного анализа дают возможность продумать, как с наибольшим эффектом использовать сильные стороны и возможности, а также помогают спланировать шаги по устранению слабых сторон и составить примерный план действий на случай возникновения угроз.

Выводы, сделанные на основе результатов SWOT-анализа, имеют исключительно описательный характер без предоставления рекомендаций или определения приоритетов.

Преимущества SWOT-анализа заключаются в том, что он позволяет достаточно просто, в правильном разрезе взглянуть на положение компании, товара или услуги в отрасли, и поэтому является наиболее популярным инструментом в управлении рисками и принятии управленческих решений.

в. PEST (STEP) анализ

Название метода – это аббревиатура от английских слов: «Political, Economic, Social, Technological». В переводе на русский язык – политический, экономический, общественный (социальный) и технологический анализы. Перестановка букв и понятий в этом слове смысла и содержания не меняет, поэтому опытные специалисты не делают различия между методами «степ» и «пест».

PEST-анализ выявляет факторы внешней среды, влияющие на развитие объекта анализа, позволяет оценивать ключевые тенденции в отрасли. Собранный первичная информация разносится в таблицу из четырёх столбцов с наименованиями П-Э-С-Т.

Чем точнее формулировка фактора, тем полезнее анализ. Некоторые аналитики считают PEST метод одним из самых недооценённых видов анализа внешних факторов. Рассмотрим каждый фактор по отдельности.

1. Political или политические факторы

Исходя из названия данный этап анализа направлен на изучение всевозможных нюансов, связанных с правительством. Успешность объекта анализа может зависеть от таких факторов, как:

- стабильность в государстве;
- государственное влияние на отрасль;
- распределение ресурсов государством;
- законодательство, налоги, законы по охране труда и многое другое.

2. Economic или экономические аспекты

Учитывается благосостояние населения, смогут ли люди пользоваться услугами вашего предприятия, покупать произведённый вами товар. Полученные данные способствуют прогнозированию уровня цен и прибыльности. Цели economic анализа:

- оценить политику инвестиций;
- проанализировать цены на энергоресурсы;
- изучить информацию о дефиците бюджета и величине налогов;
- обработать данные о доходах граждан;
- учесть уровень безработицы и инфляции.

3. Social или социальные факторы

Основная задача заключается в изучении потребностей людей, какой товар они готовы покупать и какими услугами пользоваться. В цели входит:

- изучение потребительских предпочтений;
- качество жизни людей;
- стиль жизни.

4. Technological или технологические аспекты

Анализ предназначен для изучения технологических тенденций на данный момент. Не обладая такой информацией, есть вероятность отстать от конкурентов, которые будут выпускать продукт технологически совершеннее вашего. Цели:

- ознакомление с областью НТП;
- изучение разработок, которые могут повлиять на ваше предприятие;
- улучшение оборудования, которое используется в производстве, усовершенствование процесса производства, использование новейших технологий.

Иногда к названию метода добавляют ещё две буквы — E и L (PESTEL). Соответственно, исследуют ещё экологические (ecology-environmental) и законодательные (law — legislative) факторы влияния. Эти показатели целесообразно исследовать в том

случае, если существует их влияние. Например: деятельность экологических организаций, горнодобывающих предприятий и фабрик с вредным производством.

1.4 Презентация решения

Презентация (от лат. *praesento* — передаю, вручаю) – способ представления информации как с помощью технических средств, так и без них; устное выступление, которое может сопровождаться визуальными образами, направленное на донесение до публики информации, убеждение ее в совершении определенных действий.

Хорошая презентация должна быть:

✓ **Информативной:**

- текста на слайдах презентации должно быть немного.
- ключевая мысль, которую вы хотите донести, должна быть понятна экспертам.
- наличие тематических фото/картинок (инфографики) для максимального визуального восприятия информации.

✓ **Читабельной:**

- оформление в одном стиле, спокойное сочетание цветов, фона и шрифтов;
- применение буллитов, абзацев и нумерации для удобства восприятия;
- однотипные шрифты, сохранение контрастности текста.

✓ **Профессионально оформленной:**

- выводы и итоги должны быть понятны и выделены из общего текста;
- создавайте свои собственные шаблоны в PowerPoint со своей палитрой цветов – это подчеркнет Вашу уникальность и трудолюбие;
- анимацию и музыка при смене слайдов, создаст дополнительные сложности так как Вы ограничены по времени защиты;
- вся презентация должна быть в едином стиле, это касается и шрифтов, и картинок, а также цветовой гаммы;
- таблицы и списки заменяйте инфографикой и диаграммами.

Инфографика является эффективным способом объединить в единое целое текст, изображения и элементы дизайна для представления сложных данных в формате последовательной истории.

Инфографика – отличный помощник в передаче и демонстрации важных, но сложных для восприятия цифр и фактов. Но, как и любой другой визуальный продукт, она должна легко восприниматься. Поэтому очень важно выбрать для нее правильную цветовую палитру.

1.5 Выступление и защита решения

Подготовка тезисов

Презентация состоит из двух частей: демонстрации слайдов и сопровождения их текстом. Хотя выступление и является единством слайдов и речи, все же первичен – выступающий, а не его слайды. Функция слайдов – поддержка выступления, а не наоборот.

Тезисы являются маленькой, но самодостаточной историей. Она включает в себя основные положения ваших научных изысканий, при этом она написана простым и четким языком и является короткой выжимкой всей большой работы. Есть определенные требования, как писать тезисы, но, в принципе, суть такого очерка одна: дать понять читателю, о чем работа, какова ее новизна и уникальность, какие постулаты вы отстаиваете и какова ваша доказательная база. При этом в работе должен четко прослеживаться ход ваших логических рассуждений.

Небольшой объем тезисов исключает лирические отступления и уход от темы. Поэтому уже первое предложение должно нести в себе ценную информацию. Оно отвечает сразу на два вопроса: «О чем я буду писать?» и «Почему то, о чем я говорю здесь, важно?» Начните свой текст с таких слов: «В данной работе мы рассмотрим...» или «Наша статья

посвящена проблеме...». И следующее предложение: «Несмотря на расхожее мнение, что...», «Я попытаюсь доказать...». Вступлению обычно посвящают один абзац.

Простое изложение фактов утратит всякий смысл, а неподтвержденные выводы покажутся голословным утверждением. Существует несколько методик того, как правильно писать тезисы. Самая распространенная – это анализ логики развития вашей мысли.

Почему вы пришли именно к таким выводам, а не иным?

От каких фактов вы отталкивались?

Как вы их анализировали?

Заключение – эта часть тезисов, которая суммирует все выше сказанное. В ней повторяют вступление, только переформулированное в прошедшем времени. «Таким образом, мы обосновали...» – это наиболее распространенное начало фразы для заключений.

Репетиция выступления

Хорошая презентация – залог успеха, но как бы она ни была, ее еще нужно озвучить! Для этого прорепетируйте свое устное выступление. Ваша декламация должна уложиться в отведенный для выступления лимит по времени.

Хороший специалист разбирается во всех тонкостях своего дела, и его искренняя убежденность в том, что без подробнейшего объяснения слушатели доклада не поймут материал, способна повредить. Устные выступления предназначены для донесения СУТИ. Поэтому нужно уметь останавливать себя в желании быть чересчур подробными. **Убирайте всё, что не имеет жизненно важного значения для смысла доклада.**

Статус любого технического доклада таков, что к информации заведомо серьезное и уважительное отношение. Кроме того, ваш доклад и без излишней детализации может требовать больших объемов данных. Если вставить в презентацию все эти схемы, графики, выдержки из документов, а потом попробовать всё это произнести, то случится информационный коллапс. А выбросить эти данные нельзя, потому что тогда будет снижен статус доклада, нарушена традиция, утрачен смысл. **Не нужно озвучивать всё, что есть на слайдах, рассказывайте на фоне слайдов, комментируя отдельные представленные там факты.**

Третий важнейший момент, на который стоит обратить внимание на этапе подготовки – логическая композиция презентации – это то, что помогает следить за развитием мысли, понимать и предугадывать её движения. **Прежде чем заниматься написанием доклада, слайдами, возьмите лист бумаги и нарисуйте «дорожную карту». Это должна быть план-схема ключевых мыслей, нарисованная так, что сразу ясно: что, откуда и куда.**

По этой схеме нужно проговорить будущий доклад, проговорить не полный текст доклада, а его ключевые идеи и связки между ними. **Проговорить не с целью «заучить слова», а, чтобы проверить, насколько хорошо ложится материал, насколько он логичен.**

Доклад лучше рассказывать, а не докладывать.

Выступление по защите решения инженерного кейса не требует от докладчика какого-то «зажигательного» поведения. Главное впечатление здесь создается на уровне мыслесодержания, но отрицать необходимость живого взаимодействия с аудиторией невозможно. Огромное значение приобретает зрительный контакт с залом. В течение всего доклада, нужно помнить, что задача выступающего не в механическом проговаривании содержания, а в том, чтобы слушатели его услышали. Для этого необходимо смотреть в глаза и взглядом побуждать чужое внимание. Встречаться взглядом с одним, вторым, третьим. Бросать взгляд на крайних, передних и дальних. Не суетиться и спокойно работать с людьми, воспринимая доклад как ОБЩЕНИЕ, как РАЗГОВОР. **Не теряйте контакт со слушателями.**

Каким бы серьезным ни был ваш доклад, примеры – это то, что никогда его не испортит. Короткие, энергичные, из личного опыта и опыта других людей. Слушатели любят примеры даже сильнее выводов, потому что выводы мы и сами горазды делать, а вот опыт так просто на дороге не валяется. **Ищите примеры и вставляйте их в доклад.**

К вопросам нужно готовиться. Как отвечать на них – отдельная тема, но если вы сами себе зададите пять вопросов, которые могли бы прозвучать из зала, а потом на каждый ответите, потратив не более 15-20 секунд, то к ответам на вопросы из зала точно будете готовы. **Старайтесь закончить выступление, когда вопросы у слушателей еще есть.** Будет здорово, если к вам после доклада будут подходить и спрашивать, интересоваться слушатели. Это значит, что вы выполнили работу и принесли своей команде значительный успех.

2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ТЭК И МСК ПО КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗОВ²

2.1 ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА

2.1.1 Г2017О «Сквозь тысячелетия»

Задачей является анализ геологических условий Палемского золото-сурьмяного месторождения и разработка проекта разведочных работ месторождения, выбор оптимальной системы разведки и ее параметров

Палемское золото-сурьмяное месторождение расположено в центральной части Енисейского кряжа по обоим склонам долины реки Палем, в ее верхнем течении. Административно оно входит в состав Мотыгинского района Красноярского края. Месторождение занимает площадь протяженностью 4,5 км при ширине 0,5-0,8 км.

Ближайшими к месторождению населенными пунктами являются пос. Людный (17 км на запад), пос. Южнореченский (20 км на восток), пос. Видный (60 км на юг). С районным центром – пос. Мотыгино – месторождение связано автомобильной дорогой III класса (90 км). Сообщение района с краевым центром г. Красноярском осуществляется в летний период водным транспортом по рекам Ангаре и Енисею (450 км), зимой – по временной автодороге (560 км) и круглогодично авиацией (80 км). Электроснабжение района осуществляется посредством ЛЭП-220-110 от Назаровской ГРЭС. Для обогрева жилых и производственных зданий используются дрова и каменный уголь.

Экономика района основана на горнодобывающей промышленности и лесном хозяйстве. Район относится к местности, приравненной к районам Крайнего Севера. Климат района резко-континентальный, с холодной, продолжительной зимой и коротким, жарким летом. Природный ландшафт представляет собой среднегорную таежную местность, расчлененную современной речной сетью. Средние высотные отметки от 400 до 500 м. Отдельные возвышенности имеют абсолютные отметки до 650 м. Минимальные отметки связаны с долинами рек. Относительные превышения водоразделов над долинами 150-200 м. Крутизна склонов 10-15°, редко до 20-25°. Склоны обнажены плохо. Речная сеть представлена рекой Паяем с притоками. Пойменные террасы и русловые отложения р. Палем являлись предметом дражных отработок россыпного золота. В связи с этим русло реки на участке месторождения расчленено на ряд небольших проток, поверхность долины имеет техногенный характер.

На площади месторождения выходы коренных пород встречаются редко, главным образом по бортам долин рек и ручьев. Мощность рыхлых отложений изменяется от 1-1,5 м на водоразделах и до 3,0-8,0 м у подножья склонов и в долинах рек. Строительный лес на участке месторождения отсутствует. Охраняемых территорий, памятников природы, объектов исторического значения, в т. ч. и археологических, на площади работ не значится.

Степень изученности района

Золотоносные россыпи Енисейского кряжа эксплуатируются с 1837 г. За 160-летний период было добыто более 700 т золота, в том числе более 300 т в Южно-Енисейском золотоносном районе.

В 1960-70-е годы проводится геологическая съемка М 1:50 000. В процессе работ выявлен ряд новых рудопроявлений и многочисленные точки минерализации полезных ископаемых.

Непосредственно же Палемское золото-сурьмяное месторождение было открыто в 1966 г. при проверке ранее выявленных вторичных ореолов сурьмы. В 1967 г.

² Кейсы в настоящем сборнике публикуются в сокращенном варианте с целью их использования в различных форматах на учебных занятиях. Для получения кейса оригинального содержания необходимо отправить запрос в Оргкомитет Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» по адресу case-in@fondsmena.ru. При отсутствии ограничений на использование кейса со стороны авторов, компании-заказчика, кейс может быть предоставлен по вашему запросу в оригинальном содержании

месторождению была дана положительная оценка и в 1973 г. завершена детальная разведка Юго-Западного и Центрального участков. Изученность Северо-Восточного участка в силу незначительных запасов сурьмяных руд осталась на стадии предварительной разведки.

На всю площадь месторождения выполнена аэрогамма-спектрометрия масштаба 1:25 000 (1969) и гравиметрическая съемка масштаба 1:50 000 (1985, 1989). В 1979 г. проведены комплексные геофизические исследования (электроразведка методом ВП по сети 20-40х200 м и методом естественного поля, магниторазведка по сети 20х100 м). В 2010 г. проведены наземные геофизические работы масштаба 1:10 000 на Палемском лицензионном участке. Целевым назначением этих работ являлись площадное картирование зон сульфидной минерализации на глубинах до 200 м, детальное изучение разреза на глубинах до 100 м с выделением зон сульфидной минерализации, зон объемного окварцевания, тектонических нарушений, оценка мощности кор выветривания. Эти задачи решались с помощью площадных электроразведочных работ методом ВП-СГ по сети 100х20 м и методом электротомографии ВП-20 в профильном варианте через 100 м. Составлен информационный геологический отчет по результатам ВП- СГ, вдоль всего месторождения в северо-восточном направлении прослежена зона повышенной и аномальной поляризации пород, отвечающая зоне сульфидной минерализации.

В 1967-1971 гг. проведено гидрогеохимическое и литогеохимическое опробование масштаба 1:25 000 с детализацией до масштаба 1:10 000. В 1974-1975 гг. проведена литохимическая съемка по вторичным ореолам и потокам рассеяния, гидрогеохимическое, шлиховое опробование масштабов 1:25 000 на флангах Палемского месторождения. Установлен вертикальный ряд зональности, рассчитаны индикаторные соотношения «надрудных» и «подрудных» элементов.

В 1977-1979 гг. проведена спектрозолотометрическая съемка масштаба 1:10 000 на площади 8 км² в пределах рудного поля Палемского месторождения, по результатам работ выявлены контрастные аномалии сурьмы, золота, мышьяка, расположенные как над уже известными точками золото-сурьмяной минерализации, так и нуждающиеся в проверке горными работами.

В 1999-2005 гг. проведены поиски залежей сурьмяных руд на флангах Палемского золото-сурьмяного месторождения. Выполнен комплекс поисковых работ, включающий в себя, в том числе, детальное литогеохимическое опробование со спектрозолотометрией по сети 200- 100х20 м. Пробы анализировались на свинец, медь, серебро, мышьяк, сурьму, золото. Набор элементов отвечает информативному комплексу элементов достоверно установленного во вторичных ореолах рассеяния в пределах Палемского рудного поля. Объемный вес руд колеблется от 3,1 г/см³ для существенно сурьмяных руд до 2,81 г/см³ для существенно золотых руд.

На месторождении произведен подсчет запасов сурьмяных руд. Отчет с подсчетом запасов утвержден ГКЗ СССР. Месторождение отнесено к разряду средних по запасам с благоприятными для освоения горногеологическими условиями. Из общего количества запасов 74% пригодны для отработки открытым способом. В настоящее время Палемское месторождение эксплуатируется, и на данный момент отработано до горизонта 350 м.

Геология палемского месторождения

Палемское золото-сурьмяное месторождение непосредственно приурочено к пересечению двух мощных зон разломов северо-восточного (азимут 45-50°) и субмеридианального простирания, в пределах которых проявлена флексурообразная и брахиформная складчатость. В зоне влияния этих разломов породы претерпели интенсивный динамометаморфизм и пликвативные дислокации с образованием пологих изоклинальных складок высоких порядков. Эти складчатые и разрывные структуры являются составляющими более крупной антиклинальной складки, в которой и сформировалось Палемское золото-сурьмяное месторождение.

Литогеологический контроль осуществляется пачкой компетентных и благоприятных для рудоотложения карбонатных филлитизированных углеродсодержащих алевро-

глинистых сланцев Палемской свиты среднего рифея. Вмещающей толщей для всех типов руд являются породы Палемской свиты, представленные в пределах рудного поля немой толщей переслаивающихся тонкослоистых пелитовых и массивно-зернистых алевропелитовых карбонатно-глинистых сланцев, глинистых сланцев. Метаморфизм пород выразился в их филлитизации. Внутренняя структура толщи очень сложная. Отмечается как относительно пологая брахиформная, так и изоклиная складчатость. Общее погружение шарниров складок происходит в юго-западном направлении.

Состав пород свиты довольно однообразен. По данным документации горных выработок и керн скважин в разрезе выделяются две главных разновидности сланцев: четкослоистые и массивные с отсутствием или плохо проявленной слоистостью.

Основными породообразующими минералами являются серицит (30-80%), карбонат (3-65%), хлорит (0-10%), кварц (3-10%), углистое вещество (до 5%), редкие зерна рутила, лейкоксена, пирита.

Сурьмяное оруденение локализуется среди карбонатно-глинистых сланцев с порфиробластами карбоната, а золотое тяготеет к карбонатно-глинистым сланцам с послойным распределением карбоната.

Крупная антиклинальная складка, в которой и сформировалось Палемское золото-сурьмяное месторождение, полого погружается своей осью на юго-запад под углом 15-25° вдоль тектонического нарушения. Углы падения западного крыла складки - 45-60°, восточного - 20-40°. Общее простирание осей складчатых структур в зоне разлома - от субмеридионального до северо-восточного (от 15 до 50°).

Важную роль в локализации оруденения играют поперечные северозападные нарушения, с простиранием 290-340°, падением на СВ и ЮЗ под углами 30-60°, к местам пересечения которых с Главной рудной зоной приурочены наиболее богатые скопления сурьмяных руд.

Рудное поле месторождения площадью 8 км² вытянуто в северо-восточном направлении и фактически пространственно совпадает с границами контуров лицензионной площади. Основные запасы золото-сурьмяных и золотых руд Палемского месторождения сосредоточены на Центральном участке. Золото-сурьмяные руды представлены сближенными золото-кварц-антимонитовыми жилами, падающими на северо-запад под углами 40-60° и залегающими на крыльях и своде крупной антиклинальной складки, субпараллельно со слоистостью вмещающих сланцев, участками с гнездово-прожилково-вкрапленной золото-кварц-антимонитовой минерализацией. Мощность рудных тел колеблется от 1 до 18 м.

Собственно золотые руды приурочены к стратиформной окварцованной и сульфидизированной зоне, тяготеющей к ядерной части ассиметричной антиклинали. Общее тонкопрожилковое окварцевание характерно для широкой вытянутой 2-образной зоны. В пределах этой зоны выделяются участки интенсивного кварцевого прожилкования. Именно к ним приурочена прожилково-вкрапленная сульфидизация, несущая основное золотое оруденение. На участках с рассеянно-вкрапленным характером сульфидизации уровень золотоносности, как правило, не высокий.

Породами Палемской свиты в пределах Главного рудного тела в плане сложено западное крыло антиклинальной складки, вытянутое в северном направлении. В южной части зоны падение слоев ориентировано на юго-запад, севернее, в районе разведочных пересечений 1-1, 2-2, наблюдается постепенный разворот на запад и северо-запад, но уже в районе 4-4 падение слоев нередко принимает юго-западное направление.

Простирание Главного рудного тела северное, северо-восточное. Падение северо-западное под углами 50-55°. Длина по простиранию золотого оруденения в пределах 370 м. Мощность тела колеблется от 2 до 80 метров. Границы рудного тела определяются по данным опробования.

Золото-сурьмяные рудные тела представлены серией золото-кварц антимонитовых жил и оруденелых окварцованных сланцев. Простирание золото-сурьмяных рудных тел

северное, северо-восточное. Падение северо-западное под углами 50-60°. Длина их по простиранию редко превышает первые сотни метров. Морфология тел сложная, характерны резкие раздувы, пережимы, разветвления. Всего выявлено 3 золото-сурьмяных рудных тела.

Руды Палемского золото-сурьмяного месторождения имеют простой минеральный состав. Главными минералами, слагающими основную массу золото-сурьмяных руд, являются антимонит, содержание которого по простиранию и падению рудных тел часто колеблется в чрезвычайно широких пределах, и бертьерит, имеющий починенное значение, а среди жильных минералов – кварц. Довольно часто в рудах присутствует арсенопирит, пирит, серицит, сидерит и гидрослюда. Редкими минералами являются флюорит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда, весьма редкими – самородное золото, кобальтин, джемсонит. Присутствие золота в сурьмяных рудах связано с процессом его регенерации из вмещающих золотосодержащих пород и последующим переотложением на собственно кварц-антимонитовом этапе рудообразования. Антимонит слабо золотоносен, содержание золота в антимонитовых рудах, как правило, незначительное (2-5 г/т).

Согласно данным разведки, зона окисления на месторождении развита слабо, в связи с чем окисленный тип руд не выделялся. Окисление выражается в образовании каемок и корочек валентинита, сервантита и кермезита вокруг кристаллов антимонита. Глубина зоны окисления составляет 10-15 м от поверхности. Средний процент окисления по месторождению – 12,2%. Максимальное окисление сульфидных сурьмяных руд наблюдается у поверхности и достигает 20%, снижаясь до 10% на глубину 50 м.

Средний рифей

Горбилковская свита (R2gr). Отложения свиты развиты в восточной части района. Характерным ее отличием от выше- и нижележащих пород является зеленоватый цвет или оттенок. По литологическим признакам в составе свиты выделяются две пачки. Нижняя пачка (R2gr1) является существенно сланцевой и представлена полосчатыми зеленовато-серыми кварц-хлорит-серицитовыми и кварц-серицитовыми сланцами, иногда содержащими вкрапленность магнетита. Верхняя пачка (R2gr2) сложена, в основном, грубослоистыми алеврито-глинистыми сланцами, алевролитами с прослоями кварц-хлорит-серицитовых сланцев. Суммарная мощность свиты составляет 770-800 м.

Палемская свита (R2ud). Образования свиты распространены в районе широко, слагают всю его центральную часть и непосредственно рудное поле Палемского месторождения. В пределах рудного поля Палемская свита разделяется на три подсвиты:

Нижнепалемская подсвита (R2ud1) сложена однообразной толщей переслаивающихся темно-серых, серых, светло-серых слоистых и пунктирно- слоистых кварц-серицитовых, карбонат-серицитовых сланцев. Мощность подсвиты 800 м;

Среднепалемская подсвита (R2ud2) по литологическому составу подразделяется на три пачки:

- пачка 1 (R2ud21) представлена серыми, зеленовато-серыми серицит-хлоритовыми, кварц-хлорит-карбонатными и серицит-кварцевыми сланцами с отчетливой тонкой слоистостью, обусловленной наличием слойков преимущественно серицитового или кварцевого составов. Под микроскопом порода состоит из тонких чешуек хлорита, серицита, на фоне которых наблюдаются мелкие зерна карбоната (0,05-0,1 м) и кварца (0,1-0,3 мм). Наличие слойков серицитового или хлоритового состава обуславливает слоистость породы. Мощность пачки 220-240 м;
- пачка 2 (R2ud22) сложена темно-серыми и зеленовато-серыми кварц-серицитовыми и кварц-хлорит-серицитовыми сланцами, преимущественно неслоистыми или неяснослоистыми;
- пачка 3 (R2ud23) представлена кремовыми, желтовато-серыми, зеленовато-серыми кварц-серицит-хлоритовыми алевросланцами, часто известковистыми. Мощность пачки порядка 100-120 м.

Верхнепалемская подсвета (R2ий3) представлена однообразной толщей темно-серых до черных филлитизированных глинистых сланцев с редкими нитевидными прослоями алевроито-глинистых. В основании подсветы выделяется характерный горизонт известковистых глинистых сланцев зеленовато-серой и желтовато-бурой окраски с обильной точечной вкрапленностью бурых охр. Мощность подсветы 350-400 м.

Нижний-средний палеоген

В западной части района незначительным распространением пользуются отложения герфедской и мурожнинской свит. Герфедская свита (Pg2 gr) представлена каолиновыми глинами с прослоями песков, горизонтами рыхлых и обломками каменистых бокситов. Мощность свиты 150-200 м. Мурожнинская свита (Pg1-2 mg) объединяет озерные и болотные отложения, состоящие из глин пестроцветных, каолининовых, иногда с горизонтами бокситов. Мощность 60-100 м.

Голоцен

Современные отложения развиты в долинах рек и ручьев на всей площади района, представлены аллювиальными песчаными, гравийно-галечниковыми и валунными образованиями, как правило, золотоносными.

Магматизм

Непосредственно в пределах рудного поля Палемского месторождения интрузивные породы отсутствуют. Ближайшие их выходы на поверхность расположены в 8-15 км западнее, где они представлены гранитами, гранодиоритами татарско-аяхтинского комплекса и амфиболитами, ортоамфиболитами индыглинского комплекса.

Тектоника

Район месторождения расположен в зоне сочленения Центрального антиклинория и Ангаро-Питского синклинория. Для района характерно развитие крупных, несколько вытянутых брахиформных складок, выделяемых под названием Палемско-Пенченгинское поле брахиформных складок, широким распространением пользуются дизъюнктивные нарушения типа сбросов, имеющих, отчасти, региональный характер. Основная ориентировка как складчатых структур, так и разрывных нарушений северо-восточная.

Южный структурный элемент Центрального антиклинория Татарское куполовидное поднятие занимает всю западную часть района. Ядерная часть его сложена гранитоидами татарско-аяхтинского комплекса, а породы тейской и сухопитской серий концентрически располагаются вокруг этого ядра. Согласно залеганию гранитоидов в складчатых формах обрамления свидетельствует об одновременном проявлении кислого магматизма и складкообразования. С востока Татарское куполовидное поднятие отделено от Палемско-Пенченгинского поля брахиформных складок Верхне-Палемским сбросом, на юге оно по системе мелких сбросов примыкает к Верхне-Мурожнинской антиклинальной структуре.

Палемско-Пенченгинское поле брахиформных складок охватывает центральную и восточную части района. Наиболее крупными складчатыми структурами являются Васильевская, Шаарганская и Мамонская синклинали. Рудное поле Палемского месторождения приурочено к ядерной части Васильевской синклинали.

Васильевская синклиналь вытянута в северо-восточном направлении на 16 км от верховьев р. Шалакон до верховьев р. Мамон. Крылья ее сложены породами горбилонской свиты, ядро - образованиями ниже- и среднепалемской подсвет. Северо-западное крыло выдержанное, падает под углами 50-60° на юго-восток. Юго-восточное крыло осложнено дополнительной складчатостью или срезается тектоническими нарушениями. Ядро интенсивно смято в складки разных порядков вплоть до гофрировки. Шарнир синклинали ундулирующий. К местам максимального погружения шарнира складки приурочены Северо-Восточный, Центральный и Юго-Западный рудоносные участки Палемского месторождения.

Задание

1. Определить, к какой группе по сложности геологического строения относится данное месторождение.

2. Разработать проект геологоразведочных работ Палемского месторождения. Определить методику работ, виды и объемы работ.
3. На плане и разрезах вынести проектные горные выработки согласно предложенной методике разведочных работ.
4. Осуществить подсчет запасов сурьмы и золота в контурах выделенных блоков по заявленным категориям, используя кондиционные показатели.
5. Определить возможный перечень попутных компонентов и вредных примесей.
6. Привести структуру затрат и определить объем инвестиций, необходимых для реализации предлагаемых мероприятий.

Приложение 2.1.1.1

Кондиционные показатели оруденения

Наименование показателя	Значение
Минимальное промышленное содержание золота	2 г/т
Бортовое содержание в пробе для оконтуривания балансовых запасов	1 г/т
Минимальная мощность рудного тела	3 м
Максимальная мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур подсчета запасов	3 м

Приложение 2.1.1.2

Основные показатели оруденения по подсчетным блокам

Наименование блока	Название развед.	Мощность, м	С		МС	
			Au, г/т	Sb, %	Au, г/т	Sb, %
C1-1	257	59	4	5	236	295
	236	49	3,7	5,1	183,3	249,9
	245	29	3,9	4,8	113,1	139,2
	284	57	3	4,76	171	271,3
<i>Сумма</i>		<i>194</i>			<i>703,4</i>	<i>955,4</i>
<i>Среднее</i>		<i>48,5</i>	<i>3,65</i>	<i>4,91</i>		
C1-2	245	29	3,9		171	271,3
	284	57	3		121,5	234
	212	40	3,5			
<i>Сумма</i>		<i>128</i>			<i>424</i>	<i>410,5</i>
<i>Среднее</i>		<i>42,6</i>	<i>3,46</i>	<i>3,18</i>		
C1-3	284	57	3	4,76	171	271,3
	219	45	2,7	5,2	121,5	234
<i>Сумма</i>		<i>102</i>			<i>292,5</i>	<i>555,3</i>
<i>Среднее</i>		<i>51</i>	<i>2,85</i>			
C1-4	212	40	3,5		140	
	271	8	3,2	5,5	25,6	44
<i>Сумма</i>		<i>48</i>			<i>165,6</i>	<i>44</i>
<i>Среднее</i>		<i>24</i>	<i>3,35</i>	<i>2,2</i>		
C1-5	219	45	2,7	5,2	121,5	234
	267	7	2,4		16,8	
<i>Сумма</i>		<i>52</i>			<i>138,8</i>	<i>234</i>
<i>Среднее</i>		<i>26</i>	<i>2,55</i>	<i>2,6</i>		
C2-1	257	59	2,4	3	141	177
C2-2	271	8	1,92	3,3	15,36	26,4
C2-3	267	7	1,44		10,08	

Приложение 2.1.1.3



Приложение 2.1.1.4



Приложение 2.1.1.5



2.1.2 Г2018О АР «Гранаты Арктики»

Данный кейс ставит задачу анализа существующих методик изучения геологического строения, разработки программы геологоразведочных работ, оценку инвестиций, необходимых на проведение ГРП и подсчета запасов Солзенского участка гранатового месторождения.

Гранатовый абразивный песок (Сагпел) - это химически неактивный, гомогенный, неметаллический природный минерал, состоящий из гранул граната Альмандина, является крайне жестким и тяжелым абразивом с плотностью примерно 4,1-4,3 г/см³. Гранатовый песок не является канцерогенным и токсичным. Однако, будучи природным минералом может иметь различный уровень радиоактивности: от 1 до 4 группы включительно.

Среди основных геолого-промышленных типов месторождений наиболее распространены россыпные объекты (прибрежно-морские россыпи), именно они обеспечивают до 85% поставок сырья на международные и внутренние рынки. Остальное количество минерала добывается из коренных месторождений метаморфического и скарного генезиса.

Технический гранат из прибрежно-морских месторождений является более технологичным вследствие **комплексности исходного сырья** (попутное извлечение титановых, циркониевых и иных минералов), **низкой себестоимости добычи и первичного обогащения и высокого качества материала** (окатанность зерен граната, отсутствие вредных примесей и т.д.)

Мировые аналоги месторождений гранатового песка:

- Месторождение Hutton (Канада), (<http://www.freeportresources.com/i/pdf/Hutton2011.pdf>);
- Месторождение Governor Вгооме (Австралии), (<https://www.aro.com.au/>);
- Месторождение Tormin рутил-циркониевых песков (ЮАР), (<https://www.mirabaud.com/>).

Гранатовые концентраты Солзенского участка по своему минеральному составу близки к абразивным материалам, реализуемым в настоящее время на российском рынке в качестве материалов для пескоструйной обработки поверхностей, режущего инструмента на станках водо-абразивной резки и в качестве фильтрующего элемента в водяных фильтрах. Оценка режущей способности гранатовых концентратов, полученных из песков участка Солза и содержащих 92-93% граната, проводилась в сравнении с режущей способностью песка индийской фирмы Indian Ocean Garnet Sands Company, который в настоящее время импортируется в Россию.

Россыпи абразивного граната, как промышленный тип месторождения, в России (и СССР) никогда не изучались, соответственно в «Методических рекомендациях по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (россыпные месторождения)» нет сведений о размерности месторождений, группировке их по сложности строения и о плотности разведочной сети для этого полезного ископаемого.

Некоторые особенности разведки россыпей

Россыпи изучаются с детальностью, позволяющей выяснить глубину и условия ее залегания, форму, размеры, мощность продуктивного пласта, вещественный и зерновой состав торфов (вскрышные/перекрывающие породы), песков и содержащихся в песках полезных минералов, особенности их изменения по простиранию, ширине и мощности пласта, рельеф плотика и литолого-петрографический состав слагающих его пород, характер распределения и изменчивость концентраций полезных минералов в вертикальном разрезе и в плане. Степень изученности перечисленных характеристик должна быть достаточной для подсчета запасов и оценки его достоверности через участок детализации и/или крупнообъемные пробы.

Разведка россыпных месторождений производится скважинами ударно-канатного, колонкового бурения (буровая разведочная система), поверхностными (глубиной до 5 м)

горными выработками (горные разведочные системы), комбинацией скважин и горных выработок (горно-буровые разведочные системы).

Выбор разведочной системы, типа и сечения разведочных выработок, диаметра скважин, способов опробования зависит от вида полезного ископаемого, глубины залегания продуктивного пласта, состава (пески, глины, валуны, галечники и т.д.) и состояния пород, степени обводненности пород, а также экономической целесообразности.

Разведку близповерхностных россыпей в мерзлых или необводненных породах целесообразно проводить поверхностными горными выработками, в слабообводненных - сочетанием поверхностных горных выработок (на осушенных участках) и скважин (на обводненных участках).

Применяемая разведочная система должна обеспечить выяснение с необходимой достоверностью особенностей геологического строения месторождения и размещения слагающих его продуктивных пластов, их формы, условий залегания, размеров, а также качества песков и значений основных подсчетных параметров.

Разведка прибрежно-морских титано-циркониевых и аллювиальных титановых россыпей обычно проводят скважинами колонкового и ударно-канатного бурения диаметром около 100 мм.

Расположение разведочных выработок и плотность разведочной сети должны определяться в каждом отдельном случае с учетом вида полезного ископаемого, формы, условий залегания, размеров, строения продуктивного пласта, характера распределения полезного компонента, распространения участков многолетнемерзлых пород и таликовых зон, строения поверхности плотика. При расположении разведочных линий необходимо принимать во внимание местные особенности геологического строения россыпи, в частности, наличие участков возможного поступления в долину полезного ископаемого (боковые притоки, коренные источники и др.) или резкого изменения структуры коренных пород плотика, их состава, формы долины и др.

Для подавляющего большинства пляжевых россыпей, характеризующихся большой протяженностью при относительно небольшой ширине, значительной изменчивостью параметров по ширине и малой изменчивостью по длине, следует применять разведочную сеть с расстояниями между разведочными линиями, в 10-20 раз превышающими интервалы между выработками по линии.

Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания продуктивных пластов и подсчета запасов вся толща рыхлых отложений и верхняя часть плотика должны быть опробованы, при этом продуктивная толща опробуется во всех выработках. Выбор способов опробования производится исходя из вида полезного ископаемого, конкретных геологических особенностей россыпи и применяемых технических средств разведки.

При выборе методов (геологический, геофизический) и способов (кернаый, бороздовый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья», утвержденными распоряжением МПР России № 37-р от 05.06.2007.

Приморская площадь в административном отношении располагается на территориях муниципальных образований Приморского, Мезенского районов и г. Северодвинска Архангельской области. Географически она занимает прибрежную пляжевую полосу Белого моря от уреза воды до берегового уступа в пределах Летнего берега и Зимнего берега и имеет протяженность приблизительно 194 км при средней ширине 100 м.

Площадь работ расположена в экономически освоенном районе. В её контур попадает около 10 населённых пунктов, неравномерно разбросанных по всему побережью с населением от десятков до первых сотен человек (Нижняя Золотица, Нёнокса, Солза).

Населенные пункты электрифицированы, снабжены телефонной связью. Непосредственно вблизи площади находится крупный индустриальный центр с городами Архангельск, Северодвинск, Новодвинск, где проживает более половины населения Архангельской области, сосредоточен основной промышленный потенциал области и располагаются крупные морские торговые порты, в том числе - с круглогодичной навигацией. Транспортная инфраструктура развита недостаточно. В период навигации во все населённые пункты доставка пассажиров и грузов осуществляется морским транспортом, а в зимний период прокладываются зимники.

Участок Солзенский, находится в пределах земель МО «Северодвинск», имеет площадь 1 км².

Природоохранные ограничения

Для отдельных участков Белого моря и некоторых рек имеется ряд природоохранных ограничений на ведение работ, введенных Севрыбводом. Трёхкилометровая прибрежная полоса моря является местом промысла сельди, сёмги, наваги, горбуши. Время промысла: сельди - май - июнь, сёмги - август - сентябрь, горбуши - июль - август, наваги - с ледостава до февраля - марта. Места промысла по Двинскому заливу: Лопшеньга, Унская губа, Солза, Марья, Яндова губа, Лебедин, Голец, Кумбыш, Голая Кошка, Мудьюг, Куя, Козлы; по Горлу Белого моря: Золотица, Инцы, Ручьи. В районе Зимних гор ограничения действуют с 15.07 по 15.09 в нечётные, и с 01.08 по 15.09 в чётные годы на период массового хода лососевых.

Река Солза впадает в Двинской залив Белого моря, протяжённость её 109 км, ширина в нижнем течении достигает 75-80 м. Грунт песчано-галечный, каменистый, местами песчаный. Река высшей категории водопользования. Водоохранная полоса 3000 м. В настоящее время промысел отсутствует, но Солзенский рыболовный завод ежегодно отлавливает производителей сёмги в реке Солзе для рыболовных целей. Нерестилища расположены с 45 по 76 км от устья, кроме того, сёмга нерестится в реке Казанке - правом притоке р. Солзы.

История геологической изученности

Россыпные проявления абразивного граната на побережье Летнего берега Онежского полуострова впервые были изучены при проведении комплексной геолого-гидрогеологической съёмки масштаба 1:200 000 (Листы Q-37-XXVII, XXVIII, Q-37-XXXIII, XXXIV, 1999 г., Т.Н. Зоренко, Г.М. Черемхина).

В ходе этих работ было выявлено два проявления: Унское (расположено за пределами Приморской площади на территории парка «Онежское Поморье») и проявление участка р. Сярзэнга - м. Голец, в пределах которого находится участок работ Солзенский. На этом участке была выявлена залежь протяжённостью около 7 км с мощностью обогащенного слоя до 1 м. По пяти пробам было определено содержание минералов тяжелой фракции, которое составило:

- гранат - до 1710 кг/м³, в среднем - 503 кг/м³;
- ильменит - до 29 кг/м³, в среднем - 7,8 кг/м³;
- циркон - до 4,9 кг/м³, в среднем - 1,9 кг/м³;
- рутил - до 2,2 кг/м³, в среднем - 0,9 кг/м³;
- сфен - до 6,4 кг/м³, в среднем - 2,4 кг/м³.

Судя по содержаниям, в пробу отбирался материал из наиболее обогащенных гранатом прослоев - из природного концентрата. Ориентировочные запасы граната были оценены в 350 тыс. т.

В пределах Зимнего берега Белого моря такие исследования россыпепроявлений граната не проводились. В 1988-1991 годах на шельфе Горла Белого моря, включая территорию современного пляжа, были проведены геолого-съёмочные работы м-ба 1:200 000 (Оборин, 1991 г.). По результатам работ были выявлены участки скопления естественного гранатового концентрата на поверхности пляжа, из которого отбирались пробы естественного шлиха для оценки перспектив территории на обнаружение россыпей

алмазов и титан-циркониевого сырья. В 2005-2008 гг. было выполнено ГДП-200 листов Q-37-XXIII,-XXIV,-XXIX,-XXX на Золотицкой площади (Черемхина, 2008 г.), в результате чего был составлен комплект карт геологического содержания нового поколения.

Геологическое строение площади

В геологическом строении Приморской площади принимают участие:

Плейстоцен

Верхнее звено. Валдайский надгоризонт. Осташковский горизонт. Ледниковые отложения слагают высокий абразионный береговой уступ: на Никольском участке - в юго-западной части, на Товском - по краям участка. Представлены, коричневыми суглинками с включением гравия, гальки, валунов, вскрыты в некоторых выработках.

Голоцен

Нижняя часть. Морские отложения 1-ой морской террасы (m1H1) слагают абразионный береговой уступ 1-ой морской террасы. Отложения имеют пестрый литологический состав: пески от тонко-до грубозернистых, песчано-гравийно-галечные осадки, глины. Максимальная установленная мощность отложений составляет более 5 м. Средняя и верхняя части представлены морскими отложениями, которые были разделены на отложения низкой морской террасы и пляжевые отложения.

Отложения низкой морской террасы (m1H2-3) слагают низкую морскую террасу высотой до 2-3 м, развитую в пределах широкого аккумулятивного берега. По составу они полностью идентичны пляжевым отложениям - мелкозернистые преимущественно кварцевые пески, местами содержат прослой полимиктовых и гранатовых песков. Мощность отложений низкой морской террасы - более 3 м. Сверху поверхность террасы часто перекрыта эоловыми отложениями - дюнами

Морские пляжевые отложения (m2H2-3) слагают пляж и береговые валы. В условиях аккумулятивного пляжа отложения представлены мелкозернистыми песками, в условиях абразионно-аккумулятивного пляжа, в той или иной степени присутствуют разнозернистые пески или песчано-гравийно-галечные отложения. По составу пески кварцевые и полимиктовые, содержат прослой, обогащенные минералами тяжелой фракции (гранат, ильменит, рутил, магнетит и др.). С этими отложениями связаны россыпи гранатовых песков. Максимальная вскрытая в выработках мощность отложений - 2,5 м.

Геоморфологическое строение площади обусловлено ее расположением в пределах развития аккумулятивного и абразионно- аккумулятивного берегов. Аккумулятивный берег характеризуется широким пляжем, сложенным мелкозернистыми песками, поверхность которого имеет слабый уклон в сторону моря, наличием береговых валов и невысокого берегового уступа низкой морской террасы, с локальным распространением дюн на его поверхности.

Аккумулятивный пляж представляет собой плоскую равнину со слабым уклоном в сторону моря шириной до 250 м. Со стороны моря в профиле пляжа выделяется зона осушки в виде слабовыраженного валообразного поднятия, затопляемого морем во время прилива - это формирующийся береговой вал в условиях отступления моря.

Первый береговой вал, расположенный ближе к морю, прослежен практически вдоль всего участка параллельно береговой линии. Местами он прерывается или имеет кулисообразное смещение за счет размывов многочисленными протоками. Общая протяженность вала составляет 7 км, максимальная высота его гребня достигает 2 м, ширина - до 50 м.

Второй береговой вал является более древним, расположен от первого на удалении 30 - 150 м вглубь суши. Вал хорошо выражен в рельефе, высота гребня - до 2 м, ширина - до 50 м, с поверхности иногда задернован, покрыт травяной растительностью, местами его можно принять за низкую морскую террасу.

Понижение между валами заполнено водой, образуя вытянутую лагуну шириной до 70 м, соединенную с морем узкой протокой. Местами валы засорены «плавником», иногда подвержены абразии за счет волновой деятельности моря. Береговые валы указывают на

положение древних береговых линий в условиях отступающего моря. Береговой уступ в низкой морской террасе, невысокий, в основном, до 2 м, на ее поверхности распространены дюны. Дюны формируют эоловый холмистый рельеф с котловинами выдувания, плоское дно которых часто совпадает с уровнем поверхности низкой морской террасы. Дюны образуются за счет развевания морских пляжевых отложений, имеют форму ассиметричных гряд и холмов, ориентированных вдоль побережья, высота дюн достигает 6 м. Часто они закреплены растительностью.

По генезису и условиям формирования россыпи абразивного граната с попутной титановой (ильменитовой) минерализацией относятся к типу современных прибрежно-морских, приурочены к средне- верхнеголоценовым морским отложениям пляжевой фации.

Россыпи представляют собой ряд пространственно сближенных залежей, разделенных «пустыми» песками или руслами рек, проток.

По гранулометрическому составу пески полезной толщи преимущественно мелкозернистые хорошо сортированные, реже – среднезернистые. Иногда содержат прослойки разнозернистых песков с гравием до 10 %. Осложняющим фактором при проведении поисково-разведочных работ и дальнейшей разработки является засоренность некоторых залежей «плавником», который залегает как сверху (местами образуя завалы), так и следится в глубину на всю мощность залежи.

Задание

1. Изучить мировые месторождения - аналоги (геологическое строение, вещественный состав, инженерно - геологические условия, экологические условия).
2. Изучить существующие методические подходы к геологическому изучению и разведке аналогичных месторождений, разработать геологическую модель объекта.
3. Сформировать программу выполнения геологоразведочных работ с указанием целей, задач и методов решения.
4. Предложить виды и объемы опробования для изучения технологических свойств песков (основной и попутный компоненты), схем у проведения технологических испытаний.
5. Изучить требования рынка и состояние рынка основного и попутных компонентов.
6. Рассчитать объем затрат на выполнение программы работ и рентабельность проекта в целом.
7. Предложить мероприятия по снижению воздействия на окружающую среду, мероприятия по энергосбережению и оценить возможность применения в проекте альтернативных и/или возобновляемых источников энергии

Приложение 2.1.2.1



Приложение 2.1.2.2



Приложение 2.1.2.3



Приложение 2.1.2.4



2.1.3 Г2019О ЦТ «На заре инноваций»

Задачей является изучение геологических условий коренного месторождения алмазов – кимберлитовой трубки Зарница и разработка проекта разведочных работ, выбор оптимальной системы разведки и ее параметров. Так же, необходимо предложить возможные варианты применения цифровых технологий, с целью повышения «цифровизации» геологоразведочных, добычных и обогатительных процессов.

Кимберлитовая трубка Зарница расположена на левом склоне ручья Дяха (приток р. Далдын), в 23 км к востоку от г. Удачный. В административном отношении данная территория относится к Мирнинскому району Республики Саха (Якутия). Общая площадь Лицензионного участка составляет 1,745 км². Район месторождения приурочен к северной части Средне-Сибирского плоскогорья и имеет пологоволнистый рельеф с максимальными абсолютными отметками на участке работ +426 м.

Основной водной артерией является р. Далдын, наиболее крупными притоками которой, являются руч. Сытыкан и Улахан-Бысыттаах. Протяженность реки Сытыкан - 60 км, руч. Улахан-Бысыттаах - 30 км, а площади водосбора соответственно составляют 805 и 279 кв.км. По-своему режиму все реки района относятся к восточносибирскому типу. Льдообразование начинается в конце сентября - начале октября. Вскрытие рек - в конце мая - начале июня.

Климат района резко континентальный с продолжительной холодной (до -60°С) зимой и умеренно жарким (до +30°С) коротким летом. Среднегодовая температура воздуха в районе составляет -13,6°С.

Центром горнодобывающей промышленности в районе является горно-обогатительный комбинат (ГОК) Удачный, функционирующий на базе коренных месторождений алмазов - тр. Удачная и Зарница.

Трубка Зарница находится в 23 км к востоку от г. Удачный, с которым месторождение связано грунтовой дорогой. В районе месторождения расположены населенные пункты Удачный, Айхал, Дорожный, Мирный, в которых функционируют промышленные предприятия АК «АЛРОСА» (ПАО) и проживает около 40 тысяч человек.

Районный центр - город Мирный, расположен к югу от г. Удачный и связан с ним круглогодично действующей автодорогой протяженностью 540 км.

Между г. Удачный и п. Айхал и г. Мирный осуществляется регулярное автобусное сообщение. Аэропорт, расположенный в 15 км от г. Удачный, принимает грузовые самолеты ИЛ-76, АН-12 и пассажирские - АН-38, АН-24, ТУ-154, вертолеты.

Энергоснабжение всех населенных пунктов и промышленных предприятий осуществляется по ЛЭП от Вилюйской ГЭС.

В районе известны месторождения кирпичных и керамзитовых глин, бурых углей, песчано-гравийных смесей, известняков для приготовления гашеной извести и др., запасы которых полностью обеспечивают потребности действующих промышленных предприятий.

Коренное месторождение алмазов - кимберлитовая трубка Зарница была открыта в 1954г. Предварительная оценка алмазоносности до глубины 20 м осуществлена горной системой выработок по сети 40х40 м, среднее содержание алмазов в обогащенной руде составило 0,05 кар/т. В 1980 году производственным объединением Якуталмаз были проведены промышленные технологические испытания на пробе весом 9680 т. При этом среднее содержание алмазов в руде составило 0,218 кар/т.

Изученность

Геологическое строение района месторождения и прилегающих к нему площадей изучено в процессе производства геологической съемки масштаба 1:50 000, а также при разведке трубки Удачная, доизучении гидрогеологических и инженерно-геологических условий глубоких горизонтов трубки Удачная.

Планомерное геологическое изучение бассейнов рек Марха и Далдын началось с 1953 г. и неразрывно связано с поисками алмазов.

В 1953 г. на территории района была проведена геологическая съемка масштаба 1:1000 000, в результате которой в аллювиальных отложениях р. Далдын были обнаружены алмазы и пиропы.

В 1953-54 г.г. маршрутные и тематические исследования проводились партией №26 Центральной экспедиции ВСЕГЕИ под руководством Н.Н. Сарсадских, которая сделала вывод о том, что пироп и пикроильменит являются спутниками алмаза и связаны с кимберлитами. В 1954 г. геологом Л.А. Попугаевой была открыта первая в СССР кимберлитовая трубка Зарница.

В течение 1955-56 г.г. в бассейнах рек Далдын и Марха геологами партии №167 Амакинской экспедиции и, частично, НИИГА проведены маршрутные поисковые работы масштаба 1:100 000. С помощью метода шлихового опробования было открыто 9 кимберлитовых тел, в том числе трубки Удачная и Дальняя.

В последующие годы в районе месторождения были проведены геологосъемочные работы масштаба 1:200 000, масштаба 1:50 000 с детальным шлиховым опробованием водотоков и склонов речных долин, аэромагнитная съемка масштабов 1:25 000, 1:10 000.

Проводилось изучение остаточных перспектив коренной алмазоносности Далдынского кимберлитового поля.

В результате этих работ в непосредственной близости от тр. Зарница было выявлено 17 мелких кимберлитовых тел с весьма низкой алмазоносностью, по результатам опробования отнесенных к рудопроявлениям.

Дальнейшие исследования на территории работ проводились Ботубинской и Амакинской экспедициями ПГО «Якутскгеология».

Начиная с 1967 г. поисковые работы на алмазы с применением площадного бурения ведутся Амакинской ГРЭ на "закрытых" площадях. В результате этих работ было выявлено 25 кимберлитовых трубок, в т.ч. три месторождения алмазов - трубки Юбилейная (1975 г.), Комсомольская (1974 г.) и Краснопресненская (1984 г.).

Разведочные работы на месторождении проводились в несколько этапов. В 1955-1958 гг. с целью оценки месторождения до глубины 20 м здесь проходились шурфы по сети 40x40 м, а для уточнения контура рудного тела на дневной поверхности пройдено 23 канавы. Несмотря на большие объемы выполненных работ, исследования этого этапа были признаны некондиционными в связи с несовершенством технологии обогащения в 50-х годах и низким качеством обогатительных работ (среднее содержание алмазов в руде составило лишь 0,05 кар/т).

В 1977-78 гг. Мирнинской ГРЭ по сети 80x80 м были пробурены 34 скважины средней глубиной 30 м для изучения и оценки алмазоносности петрографических типов кимберлитов. В 1980 г. в южной части трубки Зарница объединением "Якуталмаз" была пройдена траншея, из которой наработана технологическая проба весом 20900 т для промышленных испытаний. Среднее содержание алмазов класса +0,5мм в ней составило 0,218 кар/т.

Высокое качество алмазного сырья, большие запасы руды и благоприятные горно-геологические условия послужили основанием для постановки кондиционных разведочных работ, которые были проведены в 1981-84 гг. (Судаков, 1984).

Планомерные геофизические исследования по данной территории начали проводиться после открытия кимберлитовой трубки Зарница и развивались в 2-х направлениях: региональные работы с целью изучения геологического строения района и детальные работы - поиски новых кимберлитовых тел.

Задачи геологического картирования решались с помощью аэромагнитных съемок масштабов 1:200 000, 1:25 000 и гравиразведки масштабов 1:200 000; 1:50 000. По результатам работ определена глубина залегания кристаллического фундамента (1800-2400 м), выделена региональная магнитная аномалия (Сугуннаахский блок), оконтурены границы площадного развития траппов и даек, а также попутно выделено более 50

аномалий «трубчатого типа», при заверке которых обнаружено несколько новых кимберлитовых тел.

Геофизические работы, направленные на поиски кимберлитовых тел, проводились одновременно с региональными исследованиями и начались с постановки наземной магнитной съемки масштаба 1:25 000. Первый год работы (1955 г.) показал высокую эффективность метода: было обнаружено 8 кимберлитовых трубок.

В 1956 г. наземный вариант магнитной съемки был заменен аэромагнитной съемкой масштаба 1:25000, что значительно сократило время опосредования обширной площади и тем самым возросла вероятность обнаружения новых кимберлитовых тел. Наземные магниторазведочные работы в масштабах 1:10 000 и 1:5 000 стали проводиться при детализации и оконтуривании выявленных аэромагнитных аномалий. В целом за период 1955-57 гг. геофизическими работами на данной территории выявлено 15 кимберлитовых трубок.

В 1973 г. исследуемый район покрыт детальной аэромагнитной съемкой масштаба 1:10000 с целью выявления кимберлитовых трубок средних и малых размеров. По результатам работ кимберлитовых тел не обнаружено.

В 1980 г. проведены сейсмические исследования в северо-восточной части Далдынского кимберлитового поля по изучению территории на предмет нефтегазоносности. Выявлена структура, перспективная на газопроявления.

Краткая геологическая характеристика района трубки зарница

Разрез осадочного чехла вскрыт на полную мощность в районе трубки Удачная параметрической скважиной, расположенной в 15 км к западу от трубки Зарница. Породы фундамента представлены здесь лейкократовыми и меланократовыми гнейсами.

Породы протерозойской группы залегают несогласно на поверхности фундамента и представлены кремненными доломитами, песчаниками и гравелитами. Отложения нижнего кембрия (Є_1) представлены обломочными, обломочно-детритовыми (до ракушечников) известняками, реже водорослевыми. В разрезе среднего кембрия (Є_2) по литологическому составу и коллекторским свойствам выделено две пачки: нижняя и верхняя. Отложения нижней пачки отличаются весьма слабой проницаемостью и представлены светло-серыми, кремовыми, белыми и светло-коричневыми известняками. Мощность пачки 400- 537 м.

Известняково-доломитовая толща (Є_{2id}). Толща со стратиграфическим несогласием залегает на удачинской свите и несогласно перекрывается мархинской свитой. Основную часть разреза слагают доломиты пористо-кавернозные. Широко развиты солесодержащие породы, тяготеющие к верхней половине разреза толщи. Соленасыщенные прослои мощностью 1-3 м содержат до 80% каменной соли в поровом пространстве. Мощность толщи колеблется 329-345 м. К отложениям толщи приурочен высокоминерализованный водообильный среднекембрийский водоносный горизонт. В породах толщи обнаружены трилобиты *Amorphella* *Amorphella letniensis* R o s., *Itcheriella lata* Ogien., *Anomocoridae*, *Bolaspidina insignis* Lerm., *Solenopleura elgensis* N. Tchern., *Dorypyge* cf. *Forta* Rep., *Liostracus* ex. gr. *Infidus* Laz sp. nov., характерные для майского яруса.

Верхнекембрийские отложения представлены породами мархинской, моркокинской и онхойюряхской свит. Мархинская свита (Є_{3mrh}). Залегает со стратиграфическим несогласием на отложениях известняково-доломитовой толщи. Свита, сложена известняками, доломитами, мергелями и аргиллитами. Нередко встречаются прослои и линзы известняковых песчаников, гравелитов и конгломератов, водорослевых известняков. По характеру ритмичности, мощности переслаивающихся разновидностей пород, характеру кривых каротажных диаграмм, насыщенности битумом в составе свиты с определенной долей условности выделяется четыре пачки. Мощность мархинской свиты довольно постоянна и колеблется от 453 до 460 м. Весь вышеперечисленный комплекс трилобитов относится к зоне Kuraspis, что позволяет датировать мархинскую свиту аюсокканским и сакским веком.

Отложения моркокинской свиты ($\text{Є}_3\text{mrk}$) имеют повсеместное распространение, на дневную поверхность выходят на склонах и в днищах речных долин.

Обнаженность свиты плохая, естественные обнажения отсутствуют. Разрез ее изучен по керну многочисленных скважин, а также в карьере Удачный. Представлен он в основном серыми, желтовато-серыми, коричневатыми известняками и доломитами, реже известковыми песчаниками и алевролитами. По литологическим особенностям свита подразделяется на две подсвиты. Мощность свиты колеблется от 150 до 195 м. В верхней части свиты обнаружены трилобиты *Kuraspis cf. Obscura* N. Tchern., *K. aff. Similis* N. Tchern., *Amorphella modesta* Ros., *Jurakia jurakensis* Ros., *Erixanium* sp., позволяющие отнести ее к аксайскому веку позднего кембрия.

Онхойюряхская свита ($\text{Є}_{3\text{on}}$). Впервые выделено как самостоятельное стратиграфическое подразделение в 1986 году. Свита, сложена тонкоплитчатыми глинистыми, реже алевритистыми, доломитами и известняками, мергелями, преобладающими в нижней части разреза. Отличительными особенностями свиты являются повсеместная пестроцветная окраска и присутствие значительного количества глинистых пород. В составе свиты выделяются две пачки. В исследованном районе отмечена только нижняя пачка. Мощность пачки колеблется от 57 до 85 м.

Магматизм

На территории Далдыно-Алакитского алмазоносного района установлены две эпохи магматизма: среднепалеозойская ($\text{D}_3\text{-C}_1$), с которой связано формирование кимберлитов и позднепалеозойская - раннемезозойская ($\text{P}_2\text{-T}_1$), во время которой формировались породы траппового комплекса.

Кимберлитовая формация

В пределах Далдыно-Алакитского района выделяется два самостоятельных кимберлитовых поля: Алакит-Мархинское и Далдынское, локализованных в пределах линейной тектонической зоны северо-восточного простирания.

Интенсивность проявления ультраосновного магматизма в пределах кимберлитовых полей неравномерная, а характер расположения кимберлитовых тел линейно-кустовой. Так, для Далдынского кимберлитового поля максимальная интенсивность кимберлитового магматизма отмечена в северной части площади, где расположено большинство кимберлитовых тел.

Кимберлитовые тела обнажаются на различных абсолютных высотах (от 280 до 500), как на водоразделах, так и на склонах, и в днищах долин. Вмещающими породами являются глинисто-карбонатные отложения кембрийской и ордовикской систем.

Кимберлитовая трубка Зарница находится в пределах Далдынского рудного поля. Наряду с трубкой Зарницей здесь крупными кимберлитовыми телами являются трубки Удачная, Дальняя, Якутская, Прогнозная и Ленинградская. Площади таких кимберлитовых тел колеблются от 3,5 до 29 га. Большинство трубок имеют в плане овальную, реже близкую к изометричной форму с северо-восточным, либо субширотным направлением длинной оси. С глубиной размеры трубок уменьшаются. Их форма изменяется обычно до правильной изометричной.

По текстурно-генетическим характеристикам кимберлитовые породы района подразделяются на три основных типа: порфировые кимберлиты, кимберлитовые брекчии и туфобрекчии. Что касается внутреннего строения кимберлитовых тел, то все известные высокоалмазоносные трубки имеют сложное строение и состоят из двух и более разновидностей кимберлитовых пород, залегающих в виде обособленных рудных столбов.

Возраст кимберлитовых пород для Далдыно-Алакитского алмазоносного района определяется как верхнедевонский - нижнекаменноугольный.

Трапповая формация

Породы трапповой формации широко развиты в центральной и юго-западных частях Далдыно-Алакитского района и пространственно приурочены к периферийной части обширного траппового плато, занимающего северо-восточный борт Тунгусской синеклизы.

Далдынское кимберлитовое поле характеризуется незначительным распространением пород трапповой формации. По морфологическим особенностям здесь выделяются пластовые интрузии, дайки и тела сложной формы. Видимая мощность sillов 10-80 м, по площади они занимают от 0,5 до 3,2 км².

Секущие интрузии представлены дайкообразными телами, мощностью от первых метров до 100 метров и протяженностью 2-40 км. Простираение тел, в основном, северо-западное, в единичных случаях субмеридиональное.

По химическому составу долериты весьма однородны и по данным ряда исследователей относятся к основным меланократовым породам бедным щелочами, по своему среднему составу они близки долеритам Сибирской платформы.

Результаты изучения физических свойств пород свидетельствуют об очень стабильном составе долеритов, в том числе о сравнительном постоянстве среднего количественного содержания в них рудных минералов.

Тектоника

По данным исследований в фундаменте выделены глубинные разломы и отмечено блоковое строение. По времени формирования глубинные разломы фундамента подразделяются на доплатформенные и платформенные.

К первым относится региональный Силигиро-Мархинский разлом, имеющий северо-западное (345°) простираение. Глубинные разломы платформенного этапа распространены довольно широко и имеют простираение 300-340° и 85-95°. Субширотная система разломов в сочетании с образовавшимися зонами трещиноватости северо-восточного простираения довольно четко контролирует кимберлитовый магматизм.

В позднем палеозое произошла активизация раннепалеозойских глубинных разломов северо-западного простираения, часть из которых выполняет роль подводящих каналов для трапповой магмы. По результатам бурения гидрогеологических скважин в осевой части этих разломов вскрыты мощные дайки долеритов.

Нижний структурный ярус представлен мощной толщей (1,5-2,5 км) нижнепалеозойских карбонатных пород.

Субгоризонтальное залегание пород нижнего структурного яруса осложнено пликативными, инъективными и дизъюнктивными тектоническими нарушениями. К основным пликативным нарушениям относятся Далдынская флексура, прослеживающаяся вдоль долины р. Далдын, и Киенг-Юрэхская брахиантиклиналь, расположенная на междуречье р. Сытыкан - Правый Киенг.

Далдынская флексура характеризуется северо-западным простираением (300-320°), ширина ее изменяется от 0,8 до 2 км при общей протяженности до 40 км. Северо-восточное крыло этой флексуры поднято, юго-западное - опущено. Большинство кимберлитовых тел располагается в приподнятой части северо-восточного крыла. Крылья флексуры осложнены несколькими структурными желобами северо-восточного простираения.

В северо-западной части Далдынская флексура сопрягается с Киенг-Юрэхской брахиантиклиналью, являющейся юго-восточным окончанием Далдынского вала.

Брахиантиклиналь в плане имеет форму широкого вала, длинная ось которого ориентирована в северо-западном направлении. Длина структуры 20 км при размахе крыльев до 7 км и амплитуде - 60 м.

Инъективные нарушения представлены кольцевой зоной разрывов, образующих Сугуннахский блок, и кольцевыми зонами нарушений, обрамляющими некоторые кимберлитовые тела. Сугуннахский блок (левобережье р. Далдын) имеет в плане округлую форму. Диаметр блока 5-6 км при амплитуде 30-40 м. Внутренняя структура блока

представляет собой асимметричную антиклиналь с весьма пологим юго-западным крылом и крутым северо-восточным.

Дизъюнктивные нарушения представлены крутопадающими разломами и зонами трещиноватости, широко развитыми в области юго-западного (опущенного) крыла Далдынской флексуры.

По данным сейсморазведочных работ, в районе выделена зона Октябрьского разлома, являющегося основным дизъюнктивным элементом данной площади. Эта зона, характеризующаяся сложным строением, имеет северо-западное простирание. По сейсмическим данным мощность зоны дробления составляет 500-700 м с амплитудой смещения около 150-20 м; юго-западное ее крыло опущено.

Морфология рудного тела

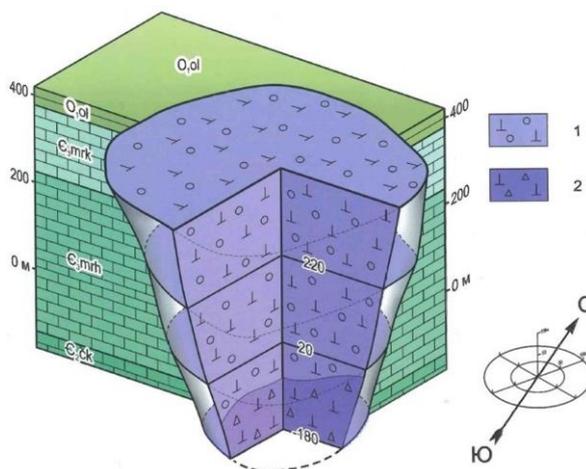


Рисунок 2.1.3.1 – Геологическая модель трубки Зарница
1 - автолитовая кимберлитовая брекчия; 2 - кимберлитовая брекчия.

Рудное тело выходило на дневную поверхность (абс. отм. +422 до +428 м), где оно было перекрыто лишь элювиально-делювиальными отложениями (до 2-3 м).

Кимберлиты трубки Зарница представлены тремя петрографическими разновидностями: автолитовая кимберлитовая брекчия, кимберлитовая брекчия и мелкопорфировый кимберлит (жильный тип).

Вмещающие породы представлены известняками, нередко доломитизированными и глинистыми, с прослоями мергелей. Кимберлиты и вмещающие породы характеризуются средней трещиноватостью (от 2-3 до 5-7 трещин на 1 п. м). Прослеживаются три системы субвертикальных трещин. К первым двум системам (аз. 30-40° и 310-320°) крутопадающих трещин приурочены прожилки кальцита и магнетита, а к третьей системе (аз. 70°) приурочены многочисленные гидротермальные жилы, прожилки и линзы кальцита, магнетита и гематита, наиболее проявленные в юго-восточной части трубки.

На дневной поверхности кимберлитовая трубка Зарница имела изометричную форму. Размер рудного тела на поверхности 520 x 540 м. Изменение площадей поперечного сечения трубки с глубиной происходит постепенно, без резких колебаний, что свидетельствует о простой морфологии рудного тела. До глубины 400 м градиент уменьшения площади сечения через 100 м не превышает 13,2 %.

В изученной части трубка Зарница имеет простую морфологию и представляет собой диатрему усечено-конусовидной формы. Углы падения контактов трубки крутые и изменяются от 90° до 77°. Контакты кимберлитов с вмещающими породами резкие.

Изучение физико-механических свойств кимберлитов проводилось по образцам, отобранным из керна скважин из расчета: один представительный образец с 10-ти метрового интервала пробы для определения объемного веса и три образца для определения крепости кимберлитов. Показатели объемного веса варьируют от 1,87 т/м³ до 2,90 т/м³, среднее 2,33 т/м³.

Задание

1. Проанализировать геологические условия кимберлитовой трубки «Зарница», выявить особенности и определить группу по сложности геологического строения.
2. Разработать проект геологоразведочных работ. Определить методику, виды и объемы работ.
3. Оконтурировать рудные тела на плане и геологических разрезах.
4. Произвести подсчет запасов алмазов кимберлитовой трубки Зарница в контурах выделенных блоков по заявленным категориям.
5. Привести структуру затрат и оценить объем инвестиций, необходимых для реализации предлагаемого проекта геологоразведочных работ.
6. Предложить возможные варианты применения цифровых технологий в геологоразведочных работах, отработке, обогащении руд кимберлитовой трубки «Зарница».
7. Оценить влияние предлагаемого решения на энергоэффективность основного технологического процесса.
8. Какие решения (технические, организационные мероприятия) применимы для повышения энергоэффективности основного технологического процесса?
9. Привести расчет величины достигаемой экономии.

Приложение 2.1.3.1

Основные показатели оруденения по подсчетным блокам

№ п/п	№ подсчетных блоков	Содержание (С) алмазов в блоке, кар/т
Блок I-C ₁ (+360м)-(+220м)		
1	Ia-C ₁ Западный фланг	0,253
2	Iб-C ₁ Восточный фланг	0,113
Блок II-C ₂ (+220м)-(+20м)		
3	II-C ₂	0,19

Приложение 2.1.3.2



Приложение 2.1.3.3



Приложение 2.1.3.4



Приложение 2.1.3.5



Приложение 2.1.3.6



Приложение 2.1.3.7



Приложение 2.1.3.8



Приложение 2.1.3.9



Приложение 2.1.3.10



Приложение 2.1.3.11



Приложение 2.1.3.12



Приложение 2.1.3.13



2.2 ГОРНОЕ ДЕЛО

2.2.1 ГД2017О «Разрез свободный»

Необходимо проанализировать горно-геологические условия угольного месторождения и предложить технологию ведения горных работ, обеспечивающую плановые объемы производства разреза «Свободный» согласно его графику и определить объем инвестиций, необходимых для реализации предлагаемых решений

Белогорское месторождение каменного угля расположено в Хабаровском крае и входит в число наиболее инвестиционно-привлекательных по своим геологическим и территориальным условиям. Его протяженность с севера на юг – 45 км, ширина – 10 км. В северной его части находится один из наиболее доступных и перспективных участков - «Свободный», который планируется к освоению открытым способом.

Общие запасы «Свободного» насчитывают более 140 млн. т. угля.

Размеры разрабатываемого участка составляют: по простиранию угольных пластов - 9 км, вкрест простирания - 3,5 км. Площадь выхода горного отвода по дневной поверхности - 45 км². Проектная мощность нового предприятия составит 5 млн. т. угля/год. Выпускаемая продукция - высококачественный уголь марки Г (газовый), который может использоваться не только в энергетике, но и в металлургической промышленности и углехимии.

Помимо запуска разреза, предусматривается возведение обогатительной фабрики и, возможно производство угольного концентрата. Строительство «Свободного» начнется в 2017 году, а его запуск состоится в начале 2018 года. По плану предприятие должно выйти на проектную мощность за 5 лет, при этом период эксплуатации месторождения составит более 50 лет (таб. 2.2.1.1).

Таблица 2.2.1.1

Плановая динамика производства разреза «Свободный»

Наименование показателя	Ед.изм.	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	5-50 годы
Добыча угля (горная масса)	Тыс. т	500	1500	2500	4000	5000	5000

Участок «Свободный» характеризуется достаточно высокой обводненностью вскрышных пород. Суровость климата, отрицательные среднегодовые температуры, характер растительного покрова способствуют сохранению многолетней мерзлоты. Мощность деятельного слоя – 2,5-3,0 метров, на участке под моховым и торфяным покровами – до 0,6 м. Нижняя граница многолетнемерзлых пород – в среднем 25-30 метров, с наличием таликовых зон.

Разработка вскрышных пород на участке недр «Свободный», учитывая физико-механические свойства, предусматривается с предварительным рыхлением буровзрывным способом, что существенно осложняется в условиях высокой обводненности. На участке разреза распространен водоносный горизонт аллювиальных отложений и напорно-безнапорный водоносный комплекс угленосных отложений. Предварительным проектом разработки месторождения определено расстояние транспортировки горной массы от забоя до места складирования.

Геология

Участок «Свободный» представляет собой пологую заболоченную долину, которая дренируется системой ручьев, являющихся притоками одной из близлежащих рек. Большая часть их в зимнее время перемерзает. В геологическом строении «Свободного» принимают участие отложения нескольких свит, однако основной является Белогорская свита, которая характеризуется высокой угленосностью. Свита вмещает более 10 групп угольных пластов, из которых только две группы имеют промышленное значение.

По особенностям литологического состава Белогорская свита подразделена на две подсвиты: верхнюю и нижнюю. Мощность нижней на рассматриваемом участке изменяется от 70 до 100 метров и в большинстве своем промышленного значения не имеет.

Угольные пласты имеют сложное строение, характеризуются выдержанной и относительно выдержанной мощностью. По зольности угли всех пластов относятся к высокозольным. Все пласты имеют самостоятельное залегание, за исключением центральной

части, где имеет место пересечения пластов, в результате чего образована залежь. Несмотря на сложное строение, пласты имеют довольно выдержанную выемочную мощность при углах падения от 4° до 18°, что имеет важное значение для технологии добычных работ.

Таблица 2.2.1.2

Проектные показатели разреза «Свободный»

Наименование показателя	Ед. изм.	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6-50 годы (ср. Знач.)
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	5,5	5,2	4,8	5,2	4,8	5
Расстояние транспортировки угля до склада	км	4	4,2	4,5	4,8	5	5,5
Расстояние транспортировки вскрышных пород до отвалов	км	2,5	2,5	2,8	2,8	3	3,5

Угли участка «Свободный» достаточно высокозольные, что является одним из основных показателей качества угля. Зольность угольных пачек составляет в среднем 25-35%. Содержание золы разреза не подчиняется определенной закономерности, при этом изменяется для угольных пачек по пластопересечениям. Наименее зольным является верхний пласт В12 со средней зольностью угольных пачек 25%. Наиболее зольной является залежь В6+В5 со средней зольностью по углю 35%. В отработку на участке недр «Свободный» принято 4 рабочих пласта угля: В12, В11, В6, В5 и залежи В6+В5.

Таблица 2.2.1.3

Параметры угольных пластов

Наименование пласта	Мощность, м
В ₁₂	4
В ₁₁	2,8
В ₆	1,3
В ₅	2,8
Залежь В ₆ +В ₅	5,5

Угли «Свободного» являются высококалорийным топливом. Высшая теплота сгорания в пересчете на сухое беззольное топливо изменяется от 31,51 до 38,75 МДж/кг, при этом максимальные значения удельной теплоты сгорания установлены для пласта В5.

Таблица 2.2.1.4

Запасы участка «Свободный»

Наименование пласта	Балансовые запасы, млн. т.
Пласт В ₁₂	38,5
Пласт В ₁₁	34
Пласт В ₆	4,5
Пласт В ₅	11,4
Залежь В ₆ +В ₅	54,4
Итого по участку	142,8

Около 10% объема вскрыши составляют четвертичные отложения. По литологическому составу они представлены супесчано-суглинистыми отложениями с включением гравия и гальки, гравийно-галечниковыми грунтами с песчано-глинистым заполнителем, глинами и суглинками. Последние обычно залегают в виде различного размера линз среди первых двух разновидностей пород, но иногда слагают весь разрез четвертичных осадков.

На участке «Свободный» также присутствуют и коренные породы, которые составляют около 90% объема вскрыши: песчаники различной зернистости, алевролиты, аргиллиты, туффиты и углистые породы. С поверхности коренные породы повсеместно перекрываются четвертичными отложениями мощностью 8-14 м.

Таблица 2.2.1.5

Характеристика литологических разновидностей четвертичных отложений

Наименование пород	Мощность, м
Торф темно-бурый, темно-коричневый 0,1-5,8 м	0,1-5,8
Супесчано-суглинистые породы темно-серые с включениями мелких фракций гравия и галечника; суглинки с песчано-галечниковым заполнителем	до 12
Гравийно-галечниковые грунты с песчано-глинистым заполнителем мощностью	0,1-8,5
Глины темно-серые и желто-серые	0,5-7,6
Супеси, пески темно-серые, редко грязно-желтые, мелко- и тонкозернистые, глинистые	0,2-2,5
Галечники с включениями валунов с песчано-глинистым заполнителем	0,1-7,0

Физико-механические параметры четвертичных отложений пород ненарушенной структуры имеют среднюю естественную влажность 23-25%.

Таблица 2.2.1.6

Характеристики горных пород участка «Свободный»

Средняя плотность			Деформируемость		
Наименование пород	Ед. изм.	Значение	Наименование пород	Ед. изм.	Значение
Уголь	кг/м ³	1,3	Песчаники	кгс/см ²	2,9-3,1
Вскрышные породы	кг/м ³	2,2	Алеврит	кгс/см ²	5,9-6,75
			Уголь	кгс/см ²	4,4-4,6

Одним из показателей деформируемости является контактный модуль упругости пород при сжатии. При этом с увеличением глубины залегания пород от 0-50 м до 125-200 м отмечается закономерное повышение средних значений этого параметра.

Таблица 2.2.1.8

Прогнозные подземные притоки воды в разрез

Период разработки	Водопритоки, м ³ /час
Строительный период	125,8
5 год отработки	610
25 год отработки	2750

Задание

1. Проанализировать геологические условия месторождения, выявить особенности и факторы, влияющие на выбор технологии ведения горных работ. Предложить и обосновать очередность разработки угольных пластов участка «Свободный».

2. Предложить систему разработки разреза «Свободный», определить оптимальные параметры ее элементов.

3. Предложить и обосновать технологию ведения горных работ, включающую подготовку горной массы к выемке, выемку и транспортировку. Привести технологическое оборудование с учетом плановых показателей производства на период выхода разреза «Свободный» на проектную мощность. Привести план-график ввода оборудования в эксплуатацию.

4. Привести структуру затрат и объем инвестиций, необходимых для реализации предлагаемых решений. Предложить источники и график финансирования.

5. *При разработке решений необходимо учитывать стремление инвесторов ограничиться минимальным объемом инвестиций, необходимых для выхода разреза «Свободный» на проектную мощность и гибком графике их расходования.

Приложение 2.2.1.1



Приложение 2.2.1.2



Приложение 2.2.1.3

Приложение
2.2.1.4Приложение
2.2.1.5

2.2.2 ГД2018О АР «Уголь Арктики»

Необходимо проанализировать климатические, инфраструктурные, горно-геологические условия месторождения и предложить концепцию проекта разработки разреза «Холодный».

Оленинское каменноугольное месторождение входит в состав Ленского угленосного бассейна. Первые данные о геологии и угленосности района получены в 1875 году, планомерное геологическое изучение начато в 1933 году в связи с освоением Северного морского пути. В 1933–1948 гг. площадь покрыта геологической съемкой масштаба 1:200 000, на месторождения проведены геологоразведочные (поиски, разведка) работы. Для проектирования разреза необходимо утверждение кондиций и подсчет запасов. Месторождение Оленинское расположено в северо-западной части Республики Саха (Якутия), на правом берегу р. Лена. В административном отношении – на территории муниципального образования «Булунский улус (район)» Республики Саха (Якутия), в 70 км к западу от административного центра – пос. Тикси.

Основным видом транспорта для района является водный – по части р. Лена. Поселок Тикси, на побережье моря Лаптевых вблизи устья р. Лена, имеется морской арктический порт.

Круглогодичные дороги отсутствуют, транспортное сообщение с участком в течение года возможно воздушным транспортом с использованием посадочной площадки в пос. Тикси для самолетов АН-2, АН-38-100, вертолета МИ-8, в зимний период – автомобильным транспортом повышенной проходимости по временным дорогам (зимникам). До ближайшей круглогодично действующей автомобильной дороги с грунтовым покрытием Ленск – Мирный – Чернышевский – Удачный 440 км по прямой.; Населенные пункты, объекты хозяйственной деятельности на участке отсутствуют.

Энерго- и теплоснабжение может осуществляться от дизельных электростанций и котельных, работающих на привозном дизельном топливе.

В орографическом отношении месторождение представляет слабо всхолмленную равнину с абсолютными отметками от +105 до +160 м.

Климат суровый, арктический. Морозы немного смягчает море, средняя температура января – –37,3 градусов, июля и августа (самых теплых месяцев) – всего +2,9 и +7,7 градусов соответственно. Уже в первой половине сентября приходит климатическая зима, и кончается она только в середине июня. Круглый год возможны заморозки и морозы. С ноября по февраль оттепели исключены. Но каждое лето случаются короткие, но жаркие периоды с температурой более 25 градусов.

На основании имеющихся материалов по классификации Сыроватко М.В. Оленинское месторождение следует отнести к 1 группе - месторождениям, приуроченным к дислоцированному скальному комплексу пород с устойчивым геологическим разрезом. В целом подземные воды не оказывают серьезного влияния на эксплуатацию месторождения.

Все пласты месторождения сложного строения и представлены переслаиванием пачек углей гумусовый, липтобиолитовых (рабдописситовых) породных прослоев.

Таблица 2.2.2.1

Климат в районе месторождения

Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь
Абсолютный максимум, °С	-7,6	-5,2	1,6	9,6	23,6	32,8
Средний максимум, °С	-26,7	-26,1	-22,1	-13,5	-2,6	7,2
Средняя температура, °С	-30,2	-29,6	-26,3	-18,3	-6,1	3,2
Средний минимум, °С	-33,8	-33,3	-30,8	-23,7	-9,7	0,1
Абсолютный минимум, °С	-48	-50,5	-47,2	-46,9	-32,2	-15,8
Норма осадков, мм	32	22	16	10	13	27

Показатель	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	34,3	29,8	23	6,1	-1,2	-4,9	34,3
Средний максимум, °С	12,1	11,1	4,2	-7,9	-20,1	-25,1	-9,1
Средняя температура, °С	7,6	7,7	1,6	-10,8	-23,4	-28,4	-12,8
Средний минимум, °С	3,9	4,5	-1,2	-14,3	-27,1	-31,9	-16,4
Абсолютный минимум, °С	-3,9	-4	-18,2	-35	-43,9	-48,8	-50,5
Норма осадков, мм	45	50	27	16	21	42	321

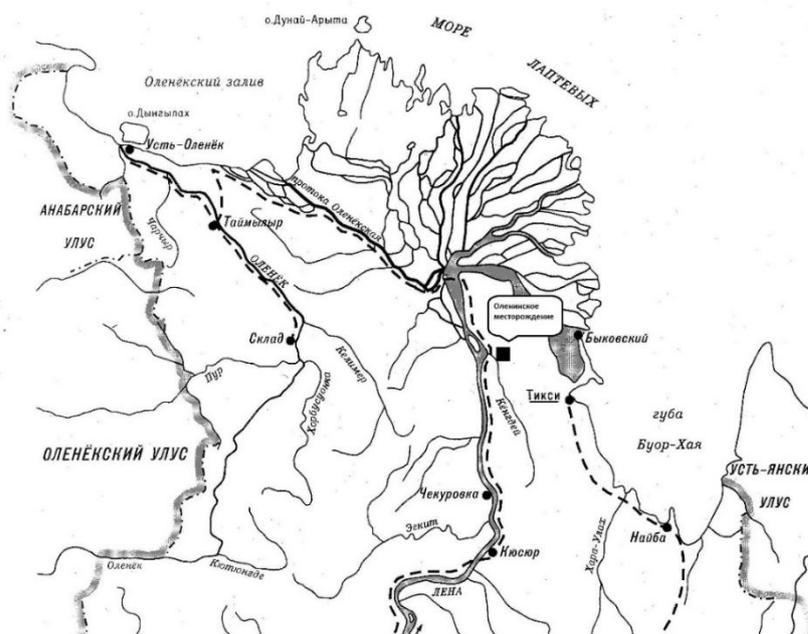


Рисунок 2.2.2.1 – Схема расположения месторождения Оленинское

Горно-геологические условия

В орографическом отношении площадь разреза «Холодный» представляет собой слабо всхолмленную равнину с абсолютными отметками рельефа +120 - +156 м. Рабочие характеристики на участке имеют 4 угольных пласта: А1, А2, А3, В4. Мощность междупластий колеблется от 0,25 до 1,6 м. Углы падения пластов увеличиваются от 15⁰-20⁰ на северном фланге участка, 30⁰-40⁰ на западном. Выявленная тектоническая нарушенность участка незначительная, представлена крупным разрывным нарушением с амплитудой 16-30 м и двумя мелкоамплитудными сбросами. Наличие выходов под четвертичные наносы сближенных угольных пластов создает благоприятные горно-геологические условия для обработки их открытым способом.

Породы вскрыши участка представлены глинистыми, песчано-глинистыми отложениями четвертичного возраста, тонко- грубозернистыми песчаниками, реже алевролитами и аргиллитами раннемелового возраста. Нижняя часть сложена разнозернистыми песчаниками с прослоями мелкогалечниковых конгломератов с линзами гумусового угля и растительного детрита.

Верхняя часть свиты на 80-90% представлена разнозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов, реже аргиллитов и 4 пластами каменных углей. На участке (до глубины 100 м) в разрезе распределены следующие породы различных литотипов.

Таблица 2.2.2.2

Породы на участке на глубине до 100 м

Порода	Значение, %	Порода	Значение, %
Глины четвертичные	13	Песчаники крупнозернистые	5
Песчаники тонкозернистые	21	Песчаники разнозернистые	3
Песчаники мелкозернистые	27	Алевролиты	4
Песчаники среднезернистые	15	Аргиллиты	2
Уголь	10		

В целом по степени обводненности месторождение относится к средне обводненным.

По расчетным данным водопритоки в планируемый разрез за счет подземных вод, будут находиться в диапазоне от 100 до 354 м³/час.

Таблица 2.2.2.3

Характеристика угля

Наименование показателя	Значение
Марка	Д
Зольностью, %	6,2–8,6
Содержание серы, %	0,5
Выход летучих веществ в горючей массе угля, %	27,6-33,8
Теплотворная способность в среднем, ккал/кг	5800

Размеры разрабатываемого участка составляют: по простиранию угольных пластов – 9 км, вкрест простирания – 3,5 км.

Таблица 2.2.2.4

Запасы угля

Индекс пласта	Запасы угля, млн.т.
	A+B+C1
A1	29,2
A2	21,1
A3	21,4
B4	7,4
Итого:	79,1

Таблица 2.2.2.5

Плановая динамика производства разреза «Холодный»

Наименование показателя	Ед. изм.	1 год*	2 год	3 год	4 год	5 год	6-20 годы
Добыча угля	тыс. т	500	1500	2000	2500	3000	3500
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	4,2	6,5	8,2	9,2	10,5	11,5

* 1 год – год ввода разреза в эксплуатацию и начала промышленной добычи

Важно учесть, что при разработке месторождения, необходимо обеспечить минимальный коэффициент разубоживания угля. Низкий коэффициент позволит снизить затраты на переработку и обеспечить высокий экспортный потенциал добываемых углей.

Таблица 2.2.2.6

Характеристика пластов угля

Индекс пласта	Глубина залегания от- до абсолют. отметки	Мощность между- Пластья, м	Средняя мощность пласта, м	Степень выдержанности	Количество породных прослоев	Мощность породных прослоев, м
A1	24-220 +102-(-85)	0,30-3,45	4,5	относит. выдержан	0-11	0,04-0,33
A2	31-227 +99-(-91)	0,60-4,00	3,1	невыдержан	0-6	0,04-0,39
A3	35-231 +95-(-95)	0-2,45	2,5	относит. выдержан	1-6	0,04-0,20
B4	38-234 +92-(-99)		2	невыдержан	0-6	0,5-0,25

Физико-механические свойства пород

Наименование пород	Прочность на одноосное сжатие, кгс/см ²			Прочность на растяжение, кгс/см ²	Коэфф. крепости толчение м	Абразивность, мг	Прочность на изгиб, кгс/см ²
	в воздушно-сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии	коэфф. размягчения				
Глины четвертичные	-	-	-	-	0,26	-	-
Алевриты	140-913 483(12)	66-621 380(10)	0,22-0,95 0,71(10)	19-66 43(7)	1,53-10,2 4,5(15)	1,7-12,45 4,21(8)	-
Песчаники т/з	175-1294 622(45)	33-772 456(43)	0,08-1,04 0,66(43)	15-102 60,6(34)	2,92-11,33 7,06(8)	2,50-37,00 17,38(6)	30-155 71(5)
Песчаники м/з	142-953 475(24)	46-764 391(23)	0,14-0,93 0,61(23)	34-105 66(17)	4,26-6,20 5,27(3)	1,70-48,15 27,98(9)	49-158 119(15)
Песчаники с/з – к/з	117-786 410(40)	25-654 303(37)	0,18-1,0 0,67(28)	17-77 53,5(31)	0,9-13,1 5,36(7)	20,65-50,41 33,83(6)	44-137 88(8)
Уголь	1,10-2,69 1,79(8)	1,44-2,29 1,78(10)	1,39-2,12 1,65(10)	1,97-19,24 10,57(10)			

Задание

1. Проанализировать климатические, инфраструктурные и горно-геологические условия Оленинского месторождения и определить факторы, влияющие на возможность отработки разреза «Холодный».

2. Предложить и обосновать эффективную систему и технологию отработки запасов разреза «Холодный», обеспечивающую выход предприятия на проектную мощность в соответствии с планом. Привести план-график реализации проекта.

3. Предложить комплекс мероприятий, обеспечивающих высокий уровень энергоэффективности разработки и эксплуатации угольного разреза «Холодный».

4. Предложить комплекс производственных и социально-бытовых объектов, необходимых для функционирования предприятия.

5. Определить круг возможных потребителей и предложить оптимальный вариант транспортировки угля до конечного потребителя.

6. Привести структуру затрат и объем инвестиций, необходимых для реализации проекта. Предложить источники финансирования.

Приложение 2.2.2.1



Приложение 2.2.2.3



Приложение 2.2.2.3



2.2.3 ГД20190 «Алмазная долина»

Данный кейс ставит задачу анализа горно-геологических условий и выбора наиболее эффективной технологии отработки россыпного месторождения «Солур-Восточная» с применением цифровых технологий и обеспечением безопасных условий труда.

Россыпное месторождение алмазов Солур-Восточная расположено на водоразделе между ручьями Солур и Магалах - левых притоков р. Ирелях, впадающих в нее в нескольких километрах выше Иреляхского водохранилища (источник водоснабжения г. Мирный), в 25 км на запад, северо-запад от г. Мирного.

Обзорная карта рассматриваемого месторождения приведена на рис.2.2.3.1.

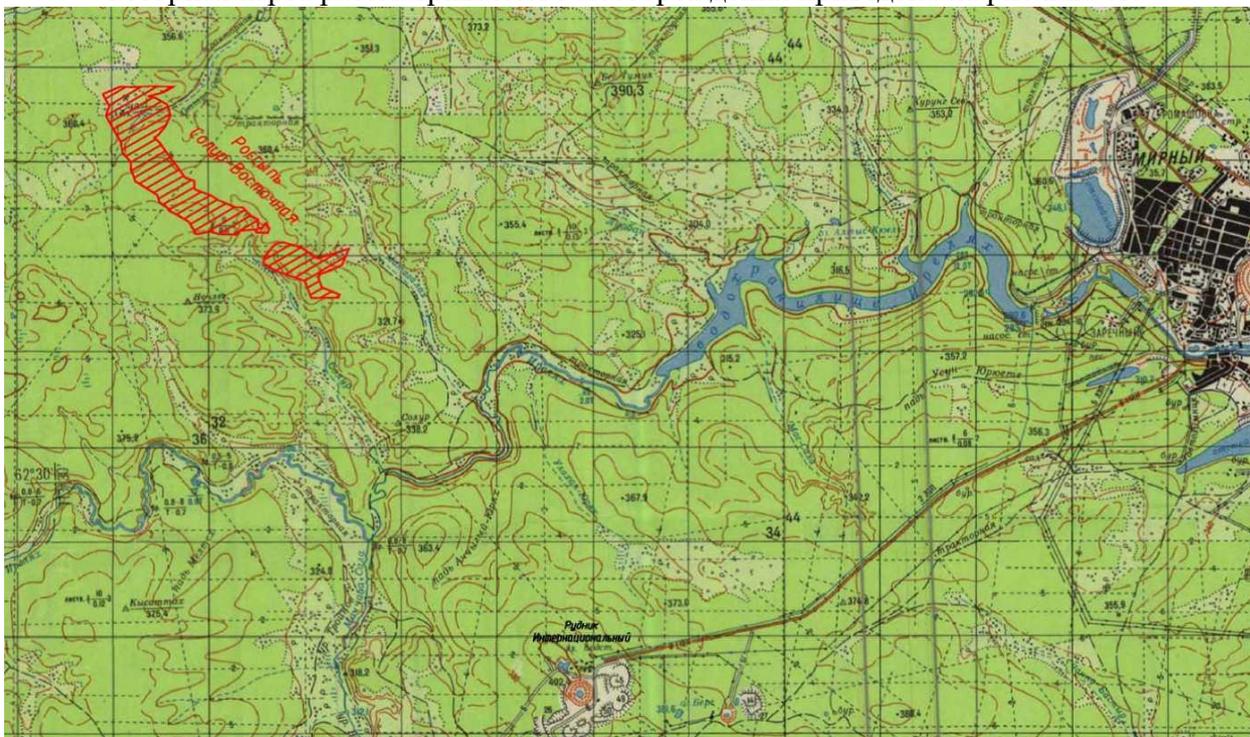


Рисунок 2.2.3.1 – Обзорная карта района расположения месторождения.

Площадь месторождения, равная $15,18 \text{ км}^2$, ограничена координатами $62^{\circ}31'39''$ - $62^{\circ}34'40''$ северной широты и $113^{\circ}31'20''$ - $113^{\circ}38'23''$ восточной долготы. Административно она входит в состав Мирнинского района Республики Саха (Якутия).

Район месторождения расположен в пределах слаборасчлененного траппового плато с абсолютными отметками водораздельных пространств 350-400 м и 295-330 м днищах водотоков. Непосредственно в пределах площади предполагаемого промышленного освоения перепад высот незначительный и варьирует от 320 м до 375 м. Водораздельные склоны в основном пологие $2-5^{\circ}$; склоны речных долин несколько круче, до 10° . Основными водотоками района являются небольшие реки 3-го порядка Ирелях и Чуоналыр - левые притоки р. Малая Ботуобия. Ширина их русел изменяется от 5 до 50 м. Глубина воды в межень 2-4 м на плесах и 0,6-1,0 м на перекатах. Замерзают реки в октябре, а вскрываются ото льда во второй половине мая.

Климат района резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет минус $6,3^{\circ}\text{C}$, абсолютно минимальная – минус 51°C , максимальная – плюс 35°C . Безморозный период длится около 90 дней. Среднегодовое количество осадков составляет 503 мм. Месторождение расположено в зоне развития многолетней мерзлоты, мощность которой достигает 330 м. Летняя оттайка незначительная (0,5-3,0 м) и зависит от экспозиции склонов.

Большая часть территории покрыта лесом, представленным лиственницей с густым подлеском. Высота леса достигает 8-12 м, диаметр стволов в среднем 14-18 см. Заготовка леса в пределах участка работ производилась только для крепления подземных горных выработок, строительства временных сооружений и отопительных нужд.

Относительно сейсмичности район работ спокойный (расположен в пределах центральной части Сибирской платформы). Не вызывает опасений экологическая ситуация в районе.

Экономика Мирнинского района связана с развитием алмазодобывающей промышленности.

В г. Мирном, расположенном в 25 км к востоку от россыпного месторождения алмазов Солур-Восточная, сосредоточены основные промышленные предприятия АК «АЛРОСА» (ПАО). В настоящее время разрабатываются трубка «Интернациональная», россыпь «ВГ», залежи участка «Горный» и долины р. Ирелях. На трубке «Мир» ведется строительство подземного рудника.

Для удовлетворения потребностей промышленности района строительными материалами разведаны и разрабатываются находящиеся в непосредственной близости от города месторождения долеритов, песков, глин, песчано-гравийных смесей.

Все предприятия города используют электроэнергию Вилюйской ГЭС, расположенной в пос. Чернышевский. Дополнительным источником энергоснабжения является газотурбинная станция в г. Мирном. Ближайшая от разведанного месторождения линия электропередач находится в 12 км на руднике «Интернациональный».

В настоящее время снабжение электроэнергией на участке работ осуществляется от дизельных электростанций. В то же время к участку работ от рудника «Интернациональный» проведена ЛЭП 6 кВ протяженностью 10 км.

Гражданское и техническое водоснабжение осуществляется из водохранилища (15 млн. м³), расположенного на р. Ирелях.

Транспортные связи осуществляются по железнодорожным магистралям до станции Усть-Кут, затем в летнюю навигацию через речной порт Осетрово грузы следуют по р. Лене речным транспортом до г. Ленска, далее до г. Мирного автотранспортом по автодороге V класса (231 км). В зимний период завоз грузов осуществляется по автозимнику Усть-Кут - Ленек - Мирный.

Грузовые и пассажирские перевозки производятся также авиатранспортом через аэропорт II класса г. Мирного, связанного прямыми авиарейсами с крупнейшими городами России.

Передвижение до площади работ и в ее пределах возможно: летом - гусеничным транспортом, зимой - на автомобилях повышенной проходимости по заранее подготовленным временным дорогам.

Лицензионный участок расположен на водоразделе рек Ирелях и Чуонолыр в 30 км к северо-западу от г. Мирного, Россыпь Солур–Восточная состоит из пространственно разобщённых погребённых древних залежей Солур и Восточная, расположенных на междуречье Ирелях–Чуоналыр и охватывает верховья ручьёв Солур и Оттур-Салаа. Административно она входит в состав Мирнинского района Республики Саха (Якутия).

В пределах лицензионного участка Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ Роснедра) (Протокол ГКЗ №1917 от 29.04.2009г.) утверждены запасы песков и алмазов, объемы которых указаны в табл. 2.2.3.1.

Таблица 2.2.3.1

Запасы полезных ископаемых в пределах лицензионного участка

Категория	Запасы	
	Балансовые	
	Пески, тыс. м ³	Алмазы, тыс. карат
C1	2 990,9	5 903,24
C2	479,3	864,57
	Забалансовые	
C2	121,07	121,73

Геологическая характеристика месторождения

Месторождение алмазов Солур-Восточная представляет собой древнюю погребенную россыпь, состоящую из пространственно сближенных, но, тем не менее, разобщенных среднекарбоневой залежи Восточная и раннеюрской залежи Солур.

В пространственно-генетическом отношении разведанные залежи представляют собой россыпи умеренной дальности сноса переотложенного типа. В геологическом строении россыпи участвуют подстилающие терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия, продуктивные пласты лапчанской свиты среднего карбона, юлегирской, оруктахской свит ранней юры и перекрывающие россыпь неалмазоносные или слабоалмазоносные образования верхнего палеозоя и мезозоя.

Раннеюрская залежь Солур приурочена к западному борту Кюеллях-Маччобинской палеодепрессии конседиментационного происхождения, где контролируется более мелкой по размерам Солурской палеодепрессией юго-восточного направления. На северо-западе последняя наложена на среднекарбоневую депрессию Восточной залежи. Заложение названных палеодепрессий во многом было предопределено тектонической раздробленностью нижнепалеозойского цоколя.

Продуктивный пласт залегает на ровной, слабоволнистой с небольшими западинами и поднятиями поверхности, местами осложненных тектоническими нарушениями (шахта 11, северный штрек), с амплитудой перемещения от первых десятков сантиметров до 10-15 м.

Мощность продуктивных отложений изменяется от 0,2 до 5,4 м (в среднем по россыпи 1,01 м).

По залежи «Восточная» средняя мощность пласта 0,69 м (превалируют мощности 0,3-1,0 м), по залежи «Солур» - 2,12 м (преобладают мощности 1,0-3,5 м).

Граница продуктивного пласта с перекрывающими алевролитами слабоволнистая, резкая на залежи «Восточная» и нечеткая на залежи «Солур» (выделяется по содержаниям). Продуктивный пласт россыпи неоднороден по составу и представлен следующими литологическими разностями пород:

1. Галечники песчано-глинистые, алевритистые.
2. Конгломераты плотные на сидерит-пиритовом цементе.
3. Переслаивание галечников и алевролитов.
4. Алевролиты, пески с включением гальки, гравия.

Преобладают галечники и конгломераты, они характеризуются плохой сортировкой, обломочный материал составляет от 60-70%. Галька большей частью имеет размер 3-5 см, окатанность от угловатой до средней и хорошей. Валунки редки, в нижней части продуктивного горизонта они составляют до 5%, представлены кварцитами, плагиопорфирами. Размер валунов 10-15 см, реже до 30 см.

Подстилающие породы (плотик) представлены трещиноватыми терригенно-карбонатными породами верхнего кембрия, с западинами, в южной части площади сильнотрещиноватыми, выветрелыми. Трещины выполнены глинисто-песчаным материалом или льдом. Ширина трещин 0,01-0,15 м. Породы плотика алмазоносные на глубину 0,1-0,2 м. С учетом этого необходимо вести отработку россыпи с минимальным вовлечением перекрывающих алевролитов и максимальной зачисткой пород плотика.

Перекрывающие отложения представлены песчаными, глинистыми и алевритистыми породами.

Общая мощность торфов, перекрывающих подсчетные блоки, по залежи «Восточная» колеблется от 45 до 53,0 м, при среднем значении по залежи 47,7 м; на залежи «Солур» - от 24 до 46 м, при среднем значении по залежи 41,7 м.

Месторождение расположено в зоне сплошного развития многолетнемерзлых пород, которые в районе месторождения достигают 300-330 м.

Перекрывающие продуктивный пласт отложения представлены песками, песчаниками, глинами, алевролитами, редко аргиллитами - слабо литофицированными

породами с алевроглинистым на 95% цементом. Редко встречаются плотные разности пород на известковом цементе.

Комплексные исследования по изучению физических и физико-механических свойств вмещающих и продуктивных пород проводились на залежи «Восточная» институтом «Якутнипроалмаз».

Между физическими и прочностными свойствами горных пород наблюдаются корреляционные взаимосвязи, которые для конкретных литологических разновидностей пород проявляются по-разному.

Перекрывающие отложения и продуктивный пласт в мерзлом состоянии представляют собой монолитную, довольно прочную толщу. Установлено, что прочностные показатели пород в мерзлом состоянии значительно возрастают. К примеру, для песчаников значения прочности на сжатие в мерзлом состоянии в 1,4-2,2 раза выше, чем в талом состоянии, для алевролитов это значение равно 1,5-2,0. Прочность мерзлых конгломератов на 30-35% выше, чем талых.

В целом вмещающие породы характеризуются более низкими прочностными показателями по сравнению с продуктивными конгломератами.

Влажность (льдиность) пород снижается вниз по разрезу с 12-42% до 6%.

Межмерзлотные воды при проходке горных выработок практически не встречены.

Температурный режим изучался посредством проведения геотермических измерений в специальных скважинах (в 2001 г. в марте и ноябре месяце замеры были проведены по пяти скважинам, расположенным на различных разведочных линиях: 7; 7,5; 11,5; 12,5; 13,5), а также в ходе проведения геологоразведочных подземных горных выработок.

При замерах по скважинам температура горного массива на глубинах залегания продуктивного пласта составила от минус 1°C до минус 1,5°C.

Обобщенные горно-геологические условия эксплуатации участков россыпного месторождения алмазов Солур-Восточная приведены в табл. 2.2.3.2.

Таблица 2.2.3.2

Обобщенные геологические условия эксплуатации месторождения

№ п/п	Условия	Единица измерения	Значения параметров, в т.ч. по залежам						
			«Солур»			«Восточная»			
			Вар. 3 борт 0,5 кар	Вар. 2 борт 0,4 кар	Вар. 1 борт 0,3 кар	Вар. 4 борт 0,5 кар	Вар. 3 борт 0,4 кар	Вар. 2 борт 0,3 кар	Вар. 1 геол. гран.
1	Протяженность россыпи	км	1,7	1,7	1,7	4,6	4,6	4,6	4,6
2	Ширина промышленных блоков от-до (средняя)	м	485-933 492	522-933 523	537-933 530	290- 1240 770	300- 1240 780	300- 1240 787	300- 1240 805
3	Площадь промышленных блоков	м ²	837,3	889,8	900,8	3122,02	3155,91	3177,69	3332,04
4	Мощность торфов от-до (средняя)	м	24-46 (41,7)			45-53 (47,7)			
5	Мощность пласта песков от-до (средняя)	м	0.6-5.1 (2,17)	0.6-5.1 (2,35)	0.6-5.1 (2,11)	0.51- 1.24 (0,70)	0.51- 1.24 (0,69)	0.52- 1.24 (0,70)	0.52- 1.39 (0,74)
6	Запасы песков	тыс. м ³	1819,00	1878,24	1900,37	2177,37	2191,73	2213,29	2461,14
7	Среднее содержание алмазов в песках (по блокам): от-до (среднее)	кар/м ³	0.16- 4.34 (1,01)	0.16- 4.34 (1,00)	0.19- 4.34 (0,99)	0.78- 4.41 (2,49)	0.78- 4.38 (2,48)	0.78- 4.38 (2,6)	0.38- 4.38 (2,22)
8	Запасы алмазов	тыс. кар	1844,7	1871,6	1879,3	5418,15	5436,16	5445,60	5465,36
9	Среднее содержание алмазов в кровле пласта	кар/м ³	0,22	0,22	0,22	0,03	0,03	0,03	0,03
10	Среднее содержание алмазов в подошве пласта	кар/м ³	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12	0,12	0,12
11	Валунистость массива	%	5			10			

№ п/п	Условия	Единица измерения	Значения параметров, в т.ч. по залежам						
			«Солур»			«Восточная»			
			Вар. 3 борт 0,5 кар	Вар. 2 борт 0,4 кар	Вар. 1 борт 0,3 кар	Вар. 4 борт 0,5 кар	Вар. 3 борт 0,4 кар	Вар. 2 борт 0,3 кар	Вар. 1 геол, гран.
12	Мерзлотность массива (средняя)	%	100			100			
13	Льдистость пески торфа	%	5-8 10-12			3-5 10-12			
14	Объемный вес пески торфа плотик	т/м ³	2,57 2,14 2,61			2,57 2,14 2,61			
15	Коэффициент разрыхления пески торфа		1,45 1,45			1,45 1,45			
16	Категория горных пород - VI кат. по трудности разработки - IX кат.	%	90			20			
			10			80			
17	Литология плотика	-	доломиты, известняки			доломиты, известняки			
18	Глубина проникновения алмазов в плотик	м	0,2			0,2			
19	Промывистость песков	-	Весьма труднопромывистые			Весьма труднопромывистые			
20	Гранулометрический состав песков, мм	%	+ 100	2,9	-400+200				
			-100+16	9,8	-200+20				
			-16+8	2,8	-20+8				
			-8+4	2,9	-8+4				
			-4+2	2,5	-4+2				
			-2+1	1,4	-2+1				
			-1+0,5	1,8	-1+0,5				
			-0,5	75,9	-0,5				
21	Распределение алмазов по классам крупности (процента выхода продукции по классам в каратах, долевое участие класса в формировании стоимости полезного ископаемого)	%	Вход продукции по классам, % кар			Долевое участие класса в формировании стоимости ПИ, %			
			16,24			0,08			
			21,42			15,99			
			56,1			50,56			
			-1,0 мм			24,47			
			-2,0+1,0 мм			8,91			
			-4,0+2,0 мм			100,0			
			-8,0+4,0 мм						
-16+8 мм									
Всего									

По залежи средний объемный вес перекрывающих пород 2,15 т/м³, продуктивного пласта 2,34 т/м³, плотика 2,44 т/м³.

В июне 2008 г в центр сортировки алмазов АК «АЛРОСА» (ПАО) была проведена переоценка партии алмазов крупнообъемной пробы (21325,72 кар.) россыпи Солур-Восточная по преискуранту 02-15-01 – 2005 «Декабрь». В результате средняя цена этой партии, с учетом ассортимента, увеличилась на 7,23% и составила 70,41 долл./кар., а цена алмазов класса +1 мм (17860,68 кар.) составила 84,00 долл./кар.

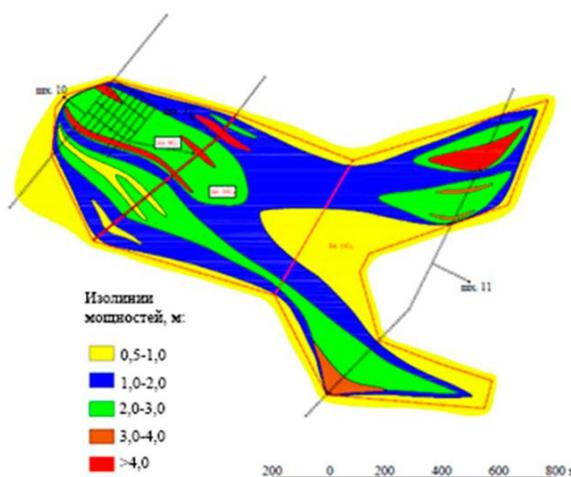


Рисунок 2.2.3.2 – Изолинии мощности продуктивного пласта на залежи Солур.

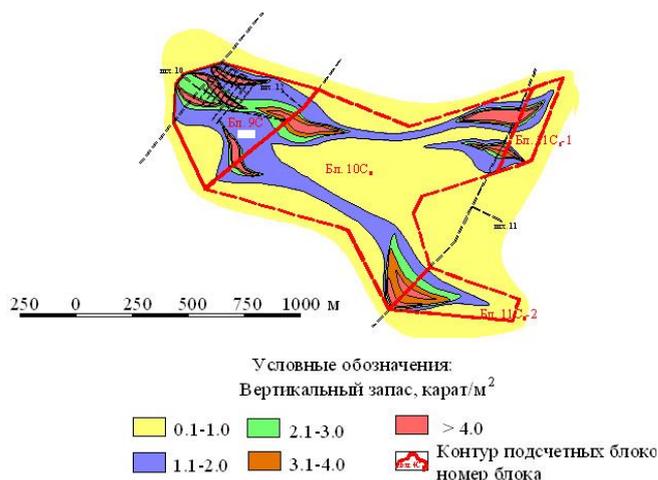


Рисунок 2.2.3.3 – Распределение алмазов в плане по залежи Солур.

По данным Единой сбытовой организации АК «АЛРОСА» (ПАО), фактическое превышение в 2008 г. цен реализации природных алмазов из добычи АК «АЛРОСА» (ПАО) над уровнем их оценки в соответствии с Прейскурантом расчетных цен на сырье алмазное Минфина России «Декабрь 2005» составляло по отдельным расчетно-весовым группам от 1,16 до 8,5 раз. В таблице 7 рассчитана цена 1 карата по промышленным (+1 мм) алмазам крупнообъемной пробы (17860,88 карат) с применением торговой надбавки к расчетно-весовой группе по состоянию на 9 месяцев 2008 г.

Таблица 2.2.3.3

Ситовая характеристика песков технологических проб залежи Солур

№ проб	Выход (%) по классам крупности, мм									
	+100	-100+50	-50+20	-20+16	-16+13	-13+5	-5+2	-2+1	-20+1	-1
1	2,7	5,5	5,2	1,2	3,5	8,9	5,3	5,2	24,1	62,5
2	-	6,2	5,9	1,4	3,1	8,8	6,5	6,5	26,3	61,6

Таблица 2.2.3.4

Расчет цены 1 карата алмаза россыпи Солур-Восточная с применением торговой надбавки к Прейскуранту «Декабрь 2005» по состоянию 9 месяцев 2008 г.

Услов.-сит. размер (класс), у.с.к.	Всего, карат	Цена 1 карата, долл. США	Суммарная стоимость, долл.	Торговая надбавка	Суммарная стоимость с учетом торговой надбавки, долл.
-3+2	598,43	3,22	1925,64	8,50	16367,94
-4+3	1262,39	21,34	26933,27	1,50	40399,91
-5+4	425,93	25,89	11027,02	1,50	16540,53
-6+5	2280,28	37,56	85655,47	1,18	101073,45
-7+6	2469,47	44,93	110944,70	1,18	130914,75
-9+7	3014,65	59,10	178157,86	1,18	210226,27
-11+9	3500,58	75,03	262638,02	1,21	317792,00
-12+11	1493,72	91,47	136631,00	1,21	165323,51
2GR	959,88	113,27	108728,65	1,21	131561,67
3GR	527,35	167,10	88118,73	1,17	103098,91
4-6 gr	769,80	220,92	170066,29	1,20	204079,55
+1.8 ct	558,20	572,30	319460,19	1,23	392936,03
Итого	17860,88		1500286,82	1,22	1830314,52
Цена 1 карата		84,00			102,48

Окончательная цена 1 карата алмазов россыпи Солур-Восточная, принимается по преЙскурантной цене алмазов класса +1 мм представительной партии (крупнообъемная проба), с учетом переоценки по преЙскуранту 02-15-01 – 2005 «Декабрь» (84,0 дол/кар) и

торговой надбавки (22%) и составляет 102,48 дол./кар. или 3186,1 руб./кар. (при среднем курсе за 2012 г. 31,09 руб./дол.

Гидрогеологические мерзлотно-инженерно-геологические условия месторождения

Месторождение алмазов Солур-Восточная представляет собой древнюю погребенную россыпь, состоящую из пространственно сближенных, но, тем не менее, разобщенных среднекарбоневой залежи Восточная и раннеюрской залежи Солур.

Район месторождения Солур-Восточная расположен в бассейне реки Малая Ботуобия – на междуречье ее притоков: небольших рек Ирелях (точнее Иирэлээх) и Чуоналыыр. Ширина русел рек изменяется от 5 до 50 м. Глубина воды в межень 2-4 м на плесах и 0.6-1.0 м на перекатах. Реки замерзают в октябре, вскрываются ото льда во второй половине мая. Русла рек слабо врезанные, склоны долин пологие, днища плоские, заболоченные.

Для района месторождения характерен слабо расчлененный, увалистой формы рельеф с абсолютными отметками поверхности от 280-290 м (р. Ирелях) до 330-360 м (северо-западная часть).

Район работ расположен в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью до 330 м и более. Формирование и развитие этой зоны связано с низким радиационно-тепловым режимом горных пород и особенностями природной обстановки, т.е. географическим положением.

Толща горных пород с отрицательной температурой в пределах глубины изучения в Мало-Ботуобинском алмазоносном районе делится на два слоя:

- слой пониженных отрицательных температур до максимума отрицательной температуры;
- слой повышенных отрицательных температур до нулевой изотермы.

Максимум низких температур, максимум отрицательной температуры и глубина его залегания связаны с расчлененностью рельефа. В долинах крупных рек отмечается самая низкая температура $-2,5-4,2^{\circ}\text{C}$, глубина залегания максимума 40-60 м. На склонах и водоразделах максимум отрицательной температуры составляет $(-1) - (-2)^{\circ}\text{C}$ с глубиной залегания 100-200 м.

Геокриологические условия района характеризуются следующими особенностями:

- мощность деятельного слоя – слоя максимального зимнего промерзания и летнего оттаивания составляет от 1,5 до 3,0 м. Она зависит от характеристики слагающих его пород и экспозиции поверхности;
- многолетнемерзлые породы, развитые на глубину 300-330 м, перекрывают сплошным мощным экраном метегеро-ичерский водоносный комплекс;
- морозные породы, залегающие в интервале от 300-330 м до 450-490 м, насыщенные рассолами с отрицательной температурой;
- в интервале от 450-490 м до 760-780 м галогенно-карбонатные породы имеют отрицательную температуру, но не содержат льда;
- нулевая геотерма фиксируется на глубинах 760-780 м.

Ручей Солур имеет практически одну надпойменную террасу. Микрорельеф ручья – бугристый, кочковатый, мелкобугристый. Отмечаются техногенные изменения (канавы, дороги, шурфы заросшие и др.). Долина покрыта травяным и лесным покровом (лиственница, береза, ива, голубичник, мох, ягель и др.). На определенной части долины ручья лес вырублен. По площади бассейна руч. Солур относится к очень малым рекам.

По материалам метеонаблюдений в годовом разрезе сумма атмосферных осадков изменяется в пределах 190-430 мм. Основная доля осадков (55-60 %) выпадает в теплый период года (май – сентябрь). Обложные дожди выпадают больше, чем ливневые. Высота снежного покрова составляет 35-50 см при малой плотности (до 1,3).

Месторождение расположено в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (до глубины 320-350 м), что способствует длительному периоду промерзания деятельного слоя, грунтовое питание ручья практически отсутствует.

Гидрографическая сеть района относится к типу рек с весенним половодьем, низким уровнем в летний меженный период, летне-осенними дождевыми паводками и полным промерзанием во время продолжительного зимнего периода.

Начало весеннего подъема уровня воды ручья совпадает с началом интенсивного снеготаяния и приходится обычно на первую половину мая. Пойма ручья затапливается в период весеннего снеготаяния (паводка), который длится от 5-10 до 20-25 дней.

Питание ручья происходит от атмосферных осадков (дожди, таяние снежного покрова). Постоянный сток сохраняется только на крупных реках района, а большинство притоков р. Ирелях, в т.ч. руч. Солур, полностью пересыхают. В связи с полным перемерзанием ручья (при наличии воды в русле в начале зимних отрицательных температур) сток воды в начальный период весеннего половодья идет поверх льда. Замеры расходов ручья в период весеннего половодья не проводились.

В летний период, в отдельных случаях, при выпадении обильных дождей, появляется незначительный сток, особенно в низовьях ручья Солур. Отсутствие подземных вод на территории месторождения глубже слоя оттайки (1,5-3 м) исключает возможность для подземного стока. Незначительный подземный сток может образоваться в летний период при сезонном протаивании до глубины 1,5-3 м.

Все породы, слагающие месторождение, многолетнемерзлые. Комплексные исследования по изучению физических и физико-механических свойств вмещающих и продуктивных пород проводились на участке «Восточный» институтом «Якутнипроалмаз». В результате проведенных работ были определены объемный и удельный вес пород, пористость, суммарная влажность, а также такие показатели, как прочность на сжатие, растяжение, крепость, пластичность сцепления и внутреннее трение (табл. 5). По залежи Солур средний объемный вес перекрывающих пород $2,14 \text{ т/м}^3$, продуктивного пласта $2,57 \text{ т/м}^3$, плотика $2,61 \text{ т/м}^3$.

Все породы, слагающие месторождение – многолетнемерзлые. По результатам полевых определений средняя льдистость (влажность) без учета льдистости деятельного слоя в пределах россыпи не более 5 %. Между физическими и прочностными свойствами горных пород наблюдаются корреляционные взаимосвязи, которые для конкретных литологических разновидностей пород проявляются по-разному.

Запасы месторождения

Залежь Восточная. В контуре подсчета запасов алмазоносными являются не только галечники и конгломераты, но и некоторые другие литотипы пород. Продуктивный пласт залежи приурочен к делювиально-пролювиальным отложениям периодически действовавшего палеоводотока, осадки которого осложнены проявлениями фаций озерного генезиса. При оконтуривании залежи за основу принят характер распределения алмазов в осадках, установленный по результатам опробования, т.к. зависимости алмазоносности от литологического состава «песков» не выявлено. В условиях частой перемежаемости и резких фациальных выклиниваний маломощных прослоев различных по составу отложений – это единственно возможный и правильный способ. Таким образом, верхняя граница продуктивного пласта по мощности проводилась исключительно по бортовому содержанию.

Нижняя граница продуктивного пласта залежи Солур определена по результатам валового опробования с учетом степени алмазоносности пород и положения плотика. В отдельных случаях, когда в соседних пробах, представленных одинаковыми по составу отложениями, отмечены достаточно высокие содержания алмазов, нижняя граница пласта проведена с учетом геологической границы плотика – т.е. с включением в пласт проб с содержанием ниже бортового.

Подсчет запасов алмазов россыпного месторождения Солур-Восточная выполнен методом геологических блоков на основе постоянных кондиций, утвержденных протоколом № 1917 ГКЗ от 29.04.2009 г. По мощности залежь Солур оконтурена по бортовому содержанию алмазов в пробе 0,4 кар/м³. Всего на залежи Солур выделяют 2 блока кат. С1 и 2 блока кат. С2, все запасы отнесены к балансовым. Запасы месторождения подсчитаны с учетом ранее выполненных геологоразведочных работ и пройденных горных выработок. Общее количество запасов месторождения приведено в таблице №6.

Блок 9С1. Расположен в северо-западной части залежи Солур в районе шахт 10-12. Отстроен интерполяцией от шахты 10 на северо-запад на половину расстояния до линии №7.5 кустов скважин УКБ (т.е. на 90 м), южнее – полностью включает часть залежи между шахтами 10 и 12. В подсчете по блоку принимают участие 175 валовых проб в 65 сквозных пересечениях (выработках). Расстояние между разведочными пересечениями (шх. 10 и шх. 12) составляет в среднем 340 м. В блоке выделен промышленный пласт мощностью 2,23 м со средним содержанием 1,06 кар/м³. Площадь блока составляет 184,1 тыс. м². Непрерывность алмазоносности в контуре блока подтверждена данными подземных горных выработок.

Блок 10С1 по степени разведанности отнесен к категории С1, изучен прослеживающими подземными горными выработками, продуктивный пласт пересечен и опробован крупнообъемными пробами по густой сетке (через 10 и 20 м) восстающими, гезенками в штреках, пройденных через 800 м, сплошность промышленной алмазоносности песков в нутрии блока подтверждена по буровой линии кустами скважин. Площадь блока – 541,0 тыс. м². Средняя мощность «песков» – 2,4 м, среднее содержание алмазов – кар/м³.

Блок 11С2 разделен на два изолированных подблока 11С2-1 и 11С2-2, «подвешенных» на штреках шахты 11 на 200 м, продуктивность блоков, установлена по керну скважин линии 13.5.

Задание

1. Определить способ разработки месторождения;
2. Обосновать выбор системы разработки и порядок отработки запасов;
3. Обосновать основные параметры элементов системы разработки;
4. Подобрать добычное, горнотранспортное оборудование;
5. Привести структуру затрат и экономическую оценку комплекса предлагаемых мероприятий;
6. Оценить влияние предлагаемых решений на энергоэффективность основного технологического процесса. Описать решения (технические, организационные мероприятия) применимые для повышения энергоэффективности основного технологического процесса. Привести расчет величины достигаемой экономии.

Сводные результаты физико-механических испытаний вмещающих и продуктивных пород залежи Восточная

№ № п/п	Наименование пород	Кол-во образцов	Влажность, %	Объемная масса, кг/м ³	Удельный вес, кг/м ³	Пористость, %	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Коэффициент хрупко- пластичности , Кк/п	Коэффициент крепости	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град.
Состояние пород – мерзлые												
1	Пески, песчаники мелко-среднезернистые на глинистом цементе	44	16,2	2282	2627	11,6	8,0	3,0	6,7	0,8	2,4	32
2	Алевриты глинистые, песчано-глинистые, песчаные	60	7,7	2385	2695	10,8	14,2	1,6	9,1	1,4	4,1	32
3	Конгломераты межформационные на песчано-глинистом цементе, карбонатизированные	10	1,1	2840	2970	4,5	13,1	1,5	8,8	1,3	4,2	33
4	Конгломераты продуктивные на сидерит-пиритовом цементе	10	3,0	3025	3080	1,8	41,2	4,2	9,8	4,1	12,2	36
5	Доломиты, известняки	15	4,6	2355	2725	14,4	14,8	1,8	5,2	1,4	4,4	32
Состояние пород – талые												
1	Пески, песчаники мелко-среднезернистые на глинистом цементе	36	-	2255	2587	11,0	4,8	0,8	7,2	0,4	1,5	28
2	Алевриты глинистые, песчано-глинистые, песчаные	62	3,6	2286	2474	11,2	8,8	1,1	8,2	0,9	2,7	31
3	Конгломераты межформационные песчано-глинистые	5	-	2820	2920	3,4	12,3	1,6	8,2	1,2	3,9	32
4	Конгломераты продуктивные на сидерит-пиритовом цементе	15	2,3	2920	3080	3,7	26,9	2,8	6,2	2,7	7,3	35
5	Известняки доломитизированные	5	-	2430	2670	10,9	86,2	7,3	11,8	9,0	26,4	38

Балансовые запасы песков и алмазов по залежи Солур

№№ блоков и категория запасов	Площадь блоков, тыс. м ²	Мощность продукт. пласта, м	Среднее содержание алмазов, кар/м ³	Запасы	
				песков, тыс. м ³	алмазов, тыс. кар.
9C ₁	184,1	2,20	1,07	405,0	435,2
10C ₁	541,0	2,34	0,98	1265,9	1235,3
11C ₂ -1	43,1	2,45	1,18	105,6	125,1
11C ₂ -2	70,3	2,61	0,97	183,5	178,4
Всего					
C ₁	725,1	2,30	1,00	1671,07	1670,49
C ₂	113,4	2,55	1,05	288,96	303,54
C ₁ +C ₂	838,5	2,34	1,01	1960,03	1974,03

Горногеологические условия залежи Солур россыпи Солур-Восточная

№ п/п	Условия	Ед. изм.	Значения параметров
1	Протяженность россыпи	км	1,7
2	Ширина промышленных блоков: от-до (средняя)	м	485-933 (492)
3	Площадь промышленных блоков	м ²	838,5
4	Мощность торфов: от-до (средняя)	м	24-46 (41,7)
5	Мощность пласта песков: от-до (средняя)	м	2,22-2,62 (2,43)
6	Запасы песков	тыс. м ³	2037,73
7	Среднее содержание алмазов в песках: от-до (средняя)	кар/ м ³	0,88-1,02 (0,98)
8	Запасы алмазов	т. кар	1993,44
9	Среднее содержание алмазов в кровле пласта	кар/ м ³	0,22
10	Среднее содержание алмазов в подошве пласта	кар/ м ³	0,18
11	Валунистость массива	%	5
12	Мерзлотность массива (средняя)	%	100
13	Льдистость: пески/торфа	%	5-8/10-12
14	Объемный вес: пески/торфа/плотик	т/ м ³	2,57/2,14/2,61
15	Коэффициент разрыхления: пески/торфа		1,45/1,45
16	Категория горных пород по трудности разработки VI/IX	%	90/10
17	Литология плотика	-	доломиты, известняки
18	Глубина проникновения алмазов в плотик	м	0,2

2.3 МЕТАЛЛУРГИЯ

2.3.1 М2017О «Вторая жизнь»

Задачей кейса является анализ базы вторичных ресурсов Самарской области, и разработка концепции металлургического мини-завода нового типа способного к 2020 году удовлетворить потребности региона в металлопрокате.

Безусловно, одной из ключевых отраслей промышленности является металлургия, доля которой в валовом внутреннем продукте России составляет около 5%, в промышленном производстве - около 18%, в экспорте - около 14%. Современный рынок мировой металлургии характеризуется, в большинстве случаев, низкой доходностью, связанной с замедляющимся ростом и возрастающей конкуренцией, избытком производственных мощностей и спадом темпов прироста потребления металла. По прогнозам специалистов, сложившаяся негативная динамика прироста потребления будет сохраняться еще не один год. Учитывая, что Россия является одним из ведущих игроков на рынке металла, проблемы для ее рынка аналогичны.

Для металлургических предприятий все более актуальным становится вопрос стратегического развития и комплексного использования производственных ресурсов. Основной предпосылкой к такому повороту привел комплекс различных факторов: растущие объемы вторсырья, увеличение экологической нагрузки на окружающую среду, большая удаленность производств от конечных потребителей, невысокий темп развития транспортной инфраструктуры, большое количество моногородов и другие.

Для решения этих задач российской экономике необходимы новые драйверы роста, позволяющие создать условия для коренных и качественных преобразований в промышленности. Такими драйверами могут стать некие «точки роста», выделенные на особых территориях, где создаются условия для ускоренного развития инфраструктуры и внедрения инновационных технологий, обеспечивающие отечественным предприятиям конкурентные преимущества на мировых рынках. Такими территориями могут стать мегаполисы и городские агломерации, территории опережающего развития (ТОРы) и перепрофилированные моногорода.

Передовой мировой опыт показывает, что одним из основных условий успешной реализации концепции «точек роста» применительно к городским агломерациям и мегаполисам является включение в их состав металлургических мини-заводов нового типа. Высокотехнологичные модульные мини-заводы позволяют значительно снизить выбросы в атмосферу и гидросферу, самостоятельно генерировать энергию, выпускать свыше 200 видов металлопроката и практически полностью переработать муниципальные ТБО крупных городских агломераций. Согласитесь, идея весьма интересна, остается лишь определиться с инвестором – и можно запускать масштабный проект.

В данном кейсе необходимо оценить целесообразность строительства металлургического мини-завода, способного к 2020 году удовлетворить потребности Самарской триады в металлопрокате.

От мартеновской печи до мини-завода

В настоящее время в мировой металлургической практике принято различать предприятия полного цикла (металлургические комбинаты) и металлургические мини-заводы. Предприятия полного металлургического цикла выпускает чугун, сталь и прокат.

Технологические стадии металлургического предприятия полного цикла:

1. Подготовка железорудного сырья к плавке (получение агломерата) и коксование угля;
2. Получение жидкого передельного чугуна в доменных печах;
3. Производство стали преимущественно в кислородных конверторах;
4. Разливка стали в МНЛЗ;
5. Производство проката.

Металлургические мини-заводы свое название получили из-за сравнительно небольших объемов производства и сокращенного количества переделов – обычно мини-

заводы не включают в себя структуры и подразделения, связанные с производством первичного металла (чугуна).

Производством мини-заводов является чаще всего длинномерный прокат: арматура, квадратная заготовка, прутки, балки и т. д. На протяжении длительного времени мини-заводы не могли производить плоский прокат в силу технологических ограничений и из-за отсутствия чистого по примесным элементам металлолома. Однако с развитием ковшевой металлургии влияние данного ограничения значительно снизилось, и плоскопрокатные мини-заводы все чаще появляются наряду с традиционными. Особенно в этом направлении продвинулись компании из США и Японии.

Несомненным преимуществом мини-заводов является их компактность и отсутствие непрерывно действующих производств: коксохимическое, доменное производства. Это позволяет размещать мини-заводы на ограниченных территориях с целью производства конкретного вида проката для локального рынка, что также снижает затраты на транспортировку продукции к месту потребления. Стоимость первоначальных капитальных затрат на тонну стали для мини-завода до двух раз ниже, чем в случае интегрированного комбината.

Меньшие размеры мини-завода относительно интегрированного комбината и отсутствие коксохимического, агломерационного и доменного производств предполагают меньшее влияние на окружающую среду в валовом выражении. Поэтому их можно размещать в регионах, критичных к валовым выбросам загрязняющих веществ.

Мини-заводы не лишены и недостатков, например, их рентабельность в значительной степени зависит от стоимости металлолома и электроэнергии, а это в свою очередь снижает их инвестиционную привлекательность. Кроме того, удельные выбросы каждого из входящих в мини-завод производств на тонну производимого проката сопоставимы с аналогами интегрированных предприятий.

Себестоимость производства проката на мини-заводах находится на одном уровне с затратами интегрированных комбинатов. Это происходит из-за того, что входящая металлошихта (лом, чушковый чугун, DRI/HBI) и энергоресурсы (электроэнергия, технологические газы) являются для классического мини-завода покупными ресурсами.

Годовая производительность среднего мини-завода (классическая схема) составляет от 0,8 до 1,2 млн т в год.

Таблица 2.3.1.1

Характеристики типов металлургических заводов

Показатель	Металлургический завод	Мини-завод	Микро-завод
Объем производства, тыс. т в год	500-3000 (5000)	200-800 (1000)	10-150
Сортамент	любой сортовой прокат	м/с, с/с, к/с, катанка	м/с, катанка, шары
Кап. затраты, млрд руб.	от 30	6-50	0,3-4
Срок окупаемости, лет	5-12	4-8	2-6
Сталеплавильный агрегат	конвертер, ДСП, мартен	ДСП	ДСП, ИСТ
Прокатный стан	непрерывный	непрерывный	линейный
Сечение непрерывнолитой заготовки, мм	круг 100-400 квадрат 125-360	круг 100-150 квадрат 125-360	круг 60-120 квадрат 125-360
Потребность в извести	цех по производству извести	обжиговая печь	обжиговая печь/ покупное сырье
Отгрузка готовой продукции и привоз материалов км/транспортом	не ограничено ж.д., водный, авто	1000-1500/ж.д., водный, авто	до 100-400/авто (ж.д.)
Возможность модернизации и развития	слабая	слабая	1) большая 2) элемент инфраструктуры машиностроительного предприятия 3) 100% изменение сортамента

На сегодняшний день в мире насчитывается порядка 1000 мини-заводов, которые производят более 15% металлопроката. Наибольшее распространение мини-заводы получили в Индии, очередь, с точки зрения рационального использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), стабильности работы электродуговых печей (поддержания напряжения и мощности трансформаторов, работы электрических дуг в печах), функциональности прокатного производства.

Модульное построение производства на мини-заводах приводит к существенному снижению затрат на его организацию, от 20 до 60% по США, Японии, Китае, странах СНГ, Италии. Это предопределено, прежде всего, экономическим аспектом. В основном, используются мини-заводы мощностью до 400 тыс. т в год, далее по мере увеличения производительности количество заводов снижается. Рентабельным признается функционирование мини-заводов производительностью от 200-300 до 700-800 тыс. т в год. В первое сравнение с металлургическими комбинатами полного цикла, а также сокращению сроков освоения производственных мощностей, которые составляют 1,5-2 года (для заводов полного цикла время выхода на полную мощность может достигать 7-10 лет). Кроме того, производственные модули мини-завода могут размещаться на площадях (18-20 га на 1 млн т. стали в год), в 8-15 раз меньше необходимых для строительства металлургического комбината.

Преимущества металлургического мини-завода по сравнению с другими производствами:

1. Возможность внедрения наукоемких технологий, использования различных видов ТЭР и достижения высокого уровня экологической чистоты производства;
2. Гибкость технологического режима работы, возможность эффективной модернизации и использования разных видов сырья;
3. Возможность сооружения в любых регионах, создание рабочих мест на уровне 1500-2000 человек;
4. Компактность металлургического мини-завода (занимаемая площадь 300-500 тыс. м² или 30-50 га), низкие сроки строительства, окупаемость на уровне 4-5 лет;
5. Рациональная и эффективная логистика поставки сырья и отгрузки готового металлопроката;
6. Возможность автономной работы независимо от инфраструктуры отрасли.

Таблица 2.3.1.2

Затраты на производство товарной продукции

Тип предприятия	Кап.затраты, долл./т	Амортизационные отчисления, долл./т	Энергозатраты, гдж/т
Традиционные заводы с полным циклом	1000	150	24-30
Мини-заводы, перерабатывающие сырье прямого восстановления (или в сочетании с ломом)	450	70	14-17
Мини-заводы, перерабатывающие металлолом	300	45	11-14

Металлургический мини-завод нового типа

Концепция современного металлургического мини-завода высшего технического уровня базируется на принципах сквозной технологии получения и проката непрерывно-литой стальной заготовки и включает в себя три различных технологических подхода производства жидкой стали.

Направления технологий производства жидко стали на металлургических заводах:

- на базе современных процессов бескоксовой металлургии;
- при использовании современных доменных печей малой и средней мощности (1,0-2,0 млн. т в год);
- на базе электросталеплавильных технологий современного уровня.

Первое направление

Среди процессов бескоксовой металлургии наибольшее распространение получили такие промышленно освоенные процессы, как Мидрекс для производства металлизированных

окатышей из железорудных окатышей и Корекс для получения жидкого чугуна из железорудного концентрата.

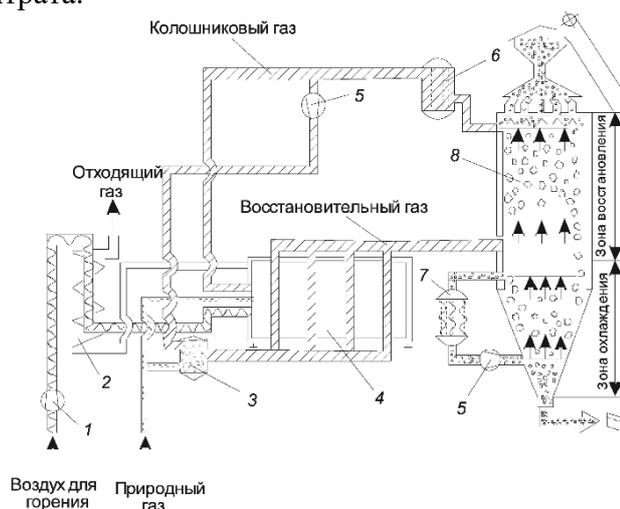


Рисунок 2.3.1.1 – Схема производства металлизированных окатышей по технологии мидрекс: 1 – воздуходувка; 2 – теплообменник; 3 – смеситель газов; 4 – конвертер; 5 – компрессор; 6, 7 – скруббер для колошникового газа; 8 – шахтная печь

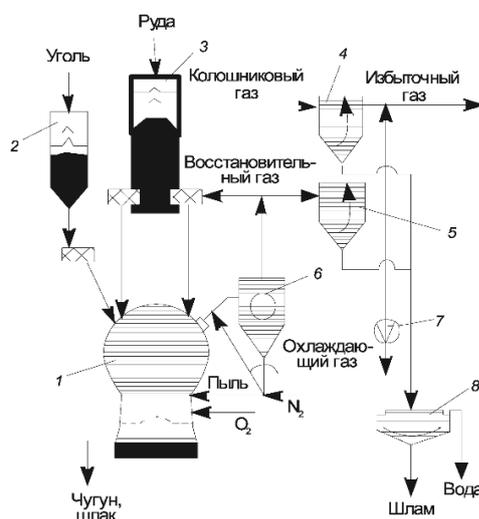


Рисунок 2.3.1.2 – Схема производства чугуна по технологии корекс: 1 – реактор-газификатор; 2 – угольный бункер; 3 – шахтная печь; 4 – скруббер колошникового газа; 5 – водяной холодильник; 6 – циклон; 7 – нагнетатель; 8 – сгуститель

Заводы с использованием процессов бескоксовой металлургии, как правило, размещаются неподалеку от месторождений железорудного сырья. Примером такого завода является Оскольский электрометаллургический комбинат. Завод расположен недалеко от Лебединского горно-обогатительного комбината. Вместе с тем, даже если плечо доставки железорудного сырья находится на уровне 1000-1500 км, это будет достаточно эффективно.

Если рассмотреть Корекс-технология для производства жидкого чугуна (металлургический завод с использованием процесса Корекс впервые был построен в ЮАР), то при быстрой (эффективной) транспортной доставке железной руды и каменных углей практически любого качества такое производство становится эффективным.

Для примера на рисунке приведена схема металлургического мини-завода, включающая установку Корекс производительностью 800 тыс. т в год. За счет применения в качестве топлива углей практически любой калорийности, в том числе и бурых, в качестве сырья – железорудного концентрата, а также отходов металлургического производства в виде окалина, стружки, шлама, себестоимость 1 т чугуна в конкретном случае составляет 200-250 долл. США (для сравнения стоимость импортируемого чугуна – порядка 400 долл. США/т). Для дальнейшего производства стали в кислородном конвертере используется

около 80% жидкого чугуна и 20% металлолома, что позволяет достичь значительной экономии топливно-энергетических ресурсов за счет использования кислорода. При использовании образующихся колошниковых газов (более 2 тыс. м³ на 1 т чугуна с теплотой сгорания 6,7-8,0 МДж/м³) дополнительно образуется ТЭР на уровне 150-200 тыс. т у. т., которые можно использовать для генерации тепла и электроэнергии.

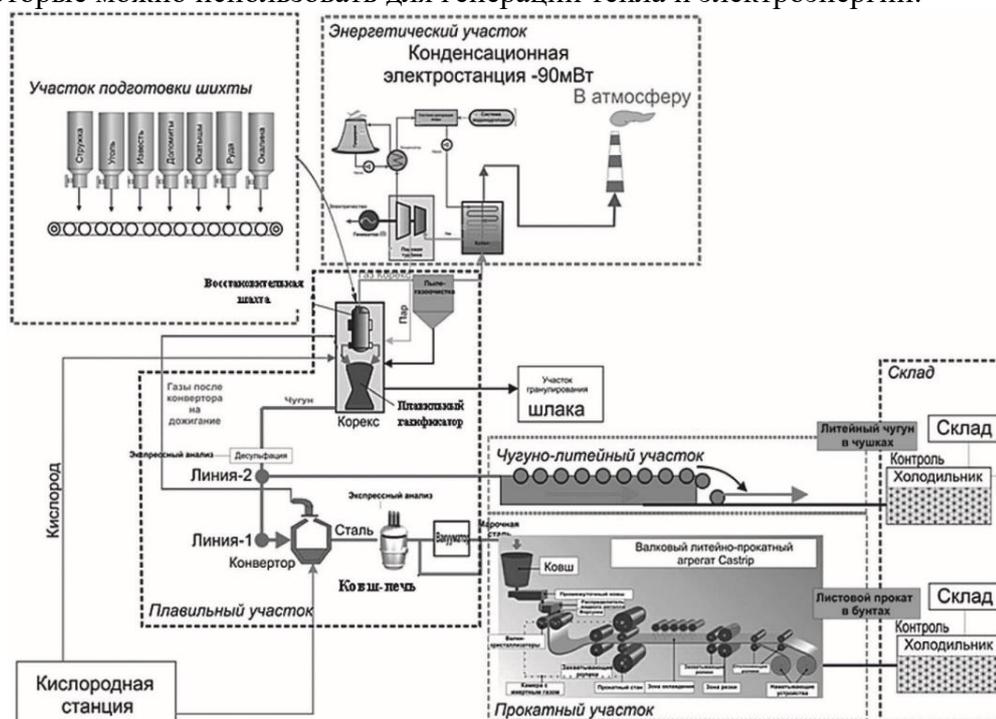


Рисунок 2.3.1.3 – Схема металлургического мини-завода

Второе направление

К настоящему времени в мире накоплен огромный опыт строительства и эксплуатации шахтных печей малого объема, который постоянно совершенствуется и модернизируется. Наиболее активно они внедряются в Бразилии, Индии, Индонезии и Китае. Большинство печей представляют собой традиционные небольшие доменные печи. В отличие от них, MBF (Mini blast furnace) нельзя считать просто миниатюрным вариантом обычной доменной печи, поскольку они характеризуются существенно более низкими капиталовложениями и меньшими эксплуатационными расходами, что позволяет выплавлять в них конкурентоспособный товарный чугун.

Важнейшим преимуществом MBF является использование исходного сырья (офлюсованных окатышей), которое в настоящее время имеется в достаточном количестве. Кроме этого, при использовании MBF экономятся ТЭР за счет использования кислородного конвертера при получении стали, а также возможно создание мини ТЭЦ (за счет применения доменного газа) мощностью 50-60 МВт (в эквиваленте 120 тыс. т у. т.) при годовой производительности доменной печи на уровне 1,0 млн т в год.

Мини-доменная печь может использовать кокс со сниженными показателями прочности, что для обычных доменных печей неприемлемо. Они могут работать на шихте крупностью 8-15 мм, как это имеет место, например, на печах завода Midwest в Индии, где после грохочения весь кокс крупнее 8 мм и отсеvy рудных материалов утилизируются в печах MBF. В качестве топлива для печей MBF используют также и древесный уголь. В частности, в Бразилии они нормально работают исключительно на нем. Крупность древесного угля составляет 12-120 мм, а содержание золы – 2-4% (масс.). Наиболее ярким примером гибкости работы MBF служат эксплуатационные показатели доменной печи № 2 завода в Белу-Оризонте. Эта печь успешно работала на 100% древесного угля крупностью 10-25 мм, на 100% китайского кокса (15% (масс.) золы при крупности 15-75 мм), а также на различных комбинациях древесного угля и кокса.

Зарубежные малые доменные печи объемом менее 500 м³

Страны	Количество печей	Примечания
Китай	более 250	Доля выплавки чугуна объемом менее 500 м ³ в общем объеме производства превышает 20%. Сегодня в Китае запрещено строить доменные печи объемом менее 300 м ³
Бразилия	160	136 MBF производят товарный чушковый чугун, 24 MBF работают на заводах с полным циклом (в том числе 5 печей фирмы SMS Demag)
Индия	21	Все MBF специальной конструкции введены в эксплуатацию после 1990 года (в том числе печи фирм SMS Demag и «ТАТА-Korf»)
Индонезия	10	Н. д.
Другие страны	до 5	Аргентина, Босния, Венгрия, Вьетнам, Парагвай, Польша, Перу, Тунис, Турция

Третье направление

Основные положения сквозной технологии высшего технического уровня сформулированы двумя принципиальными схемами.

1.Использование в электросталеплавильном производстве сверхмощных дуговых сталеплавильных печей. Емкость 160 т и более с мощностью трансформатора 140-160 МВА (или 1 МВА мощности соответствует 1 т получаемой стали), обеспечивающих продолжительность плавки до 30 мин.

- 1.1. Применение жидкого старта («болота») в количестве 10–20%.
- 1.2. Работа электрических дуг со вспененным шлаком.
- 1.3. Выпуск металла из печи без шлака с помощью эркерного устройства.
- 1.4. Нагрев лома в период плавления комбинированными топливно-кислородными горелками.
- 1.5. Донная продувка ванны, снижение удельного расхода электроэнергии от 250-370 кВт·ч/т.
- 1.6. Обязательное включение в основную технологическую цепь процесса внеагрегатной обработки стали (внепечная обработка), вакуумная обработка стали и др.).

2.Использование высокопроизводительных машин непрерывного литья.

- 2.1. Заготовки с учетом конфигурации сечения выпускаемой продукции.
- 2.2. Скорость разливки:
 - 2.2.1. Мелкосортных заготовок (размером от 100 до 150 мм) 3,5–5,0 м/мин.
 - 2.2.2. Скорость разливки среднесортных (200-250 мм) – 2,0-3,0 м/мин.
 - 2.2.3. Крупносортных (более 250 мм) – 1,0– 2,0 м/мин.
- 2.3. Улучшение структуры и повышение свойств отливаемого металла:
- 2.4. Для слябовых и сортовых машин при разливке крупносортных квадратных, прямоугольных, круглых заготовок, за счет применения устройств электромагнитного перемешивания, системы мягкого обжатия заготовки.
- 2.5. Применение комплекса средств автоматизированного управления процессами плавки и разливки, что гарантирует соблюдение всех требуемых параметров процесса разливки.

Именно сквозная технология получения металлопродукции является наиболее подходящей для применения в современных металлургических мини-заводах и отвечает всем требованиям экологичности и эффективности.

Самарская триада

Самарская триада (Лука) представляет собой одно из самых примечательных мест на Волге. Дугообразная излуцина, где река на 90° меняет направление, огибая горы Жигули, далеко выдается к востоку. У крайней восточной части дуги расположена Самара – крупнейший центр Поволжья, основанный как город-крепость в 1586 г. Два других поворота излуцины отмечены парами городов: Тольятти – Жигулевск, Сызрань – Октябрьск. Самарская триада насчитывает почти 2,5 млн человек городского населения.

Несколько менее половины приходится на долю Самары (46,8%). Почти такое же расстояние разделяет Тольятти и Сызрань. Самара занимает выгодное географическое положение, в районе, богатом энергетическими ресурсами и плодородными почвами. До Великой Отечественной войны в Самаре размещались предприятия ведущих отраслей промышленности – авиастроения, станкостроения, приборостроения.

Самара – крупнейший многофункциональный город, центр культуры, науки, высшего образования, высокотехнологичной промышленности, Самара активно стимулировала возникновение в своем окружении городов-спутников. Новокуйбышевск – центр нефтепереработки и нефтехимии; Чапаевск – центр химической индустрии; Кинель – железнодорожный узел.

Тольятти – центр автомобилестроения, химической индустрии, промышленности строительных материалов, крупный речной порт. Городская черта Тольятти охватывает три территориально обособленных района, объединенных системами транспортной и инженерной инфраструктуры. Автозаводский район (435,2 тыс. жителей) превосходит два других – Центральный (градообразующая база – химические заводы) и Комсомольский (речной порт, железнодорожный вокзал, производство строительных материалов). Расстояние между Самарой и Тольятти – около 100 км.

Сызрань – город, расположенный в 137 км от Самары и в 100 км от Тольятти. В настоящее время Сызрань – центр машиностроения и химической индустрии, крупный железнодорожный узел.

Таблица 2.3.1.4

Промышленные города агломерации, входящие в список 250 крупнейших промышленных центров России

Город	Отраслевая и корпоративная структура крупного бизнеса
Тольятти	Машиностроение (АвтоВАЗ, GM, Johnson Controls), химическая промышленность (СИБУР, Тольяттиазот, Куйбышевазот), электроэнергетика (Волжская ТГК), пищевая промышленность (Danone)
Самара	Переработка нефти и газа (Роснефть), машиностроение (Роскосмос, Ростехнологии, Электроцит, Тадем), цветная металлургия (Alcoa), пищевая промышленность (Nestle, Pepsi, Coca-Cola, Юнимилк, Вимм-Билль-Данн), химическая промышленность (Linde Gas), НИОКР (Роснефть)
Новокуйбышевск	Переработка нефти и газа (Роснефть), химическая промышленность (СИБУР, Ренова Оргсинтез)
Сызрань	Переработка нефти и газа (Роснефть), химическая промышленность (Henkel), машиностроение (АвтоВАЗ, Ростехнологии)
Жигулевск	Электроэнергетика (Русгидро), производство стройматериалов (Евроцемент), машиностроение (Ростехнологии)

Промышленность

В отличие от большинства российских регионов, в Самарской области сложилась многополярная диверсифицированная экономика. Промышленность представлена крупными и средними предприятиями, которых примерно 400, и малыми – их более 4 тысяч. Наибольшее развитие получили машиностроение и металлообработка, топливная, электроэнергетическая, химическая и нефтехимическая промышленность, цветная металлургия.

Машиностроение представлено почти полным набором основных отраслей, среди которых ведущая роль принадлежит автомобильной промышленности. На долю легковых автомобилей, производимых на ОАО «АВТОВАЗ» в Тольятти, приходится более 70% от всего выпуска автомобилей страны.

Кроме этого, Самарская область является важнейшим центром ракетно-космической промышленности не только России, но и мира. Все пилотируемые человеком полеты осуществляются на ракетах-носителях с самарскими двигателями.

Экология

Самарская область является одной из самых промышленно развитых в России, что во многом определяет ее статус как одного из наиболее экологически неблагополучных

регионов. На состояние окружающей среды влияет концентрация на территории региона промышленных предприятий, высокий уровень развития автотранспорта и жилищно-коммунального хозяйства, обусловленные значительной урбанизацией и плотностью населения. Существенный физический и моральный износ оборудования создает опасность неконтролируемого роста загрязнения окружающей среды области.

На территории области существует более 600 потенциальных объектов техногенного воздействия, влияющих на состояние земельных ресурсов и геологической среды. Среди них – объекты захоронения и переработки отходов, гидротехнические сооружения, промышленные объекты и другие.

Вторичные ресурсы

Серьезную проблему в области представляют отходы производства и потребления. Ежегодно образуется около 700 тыс. тонн промышленных отходов и более 3,5 млн куб. м твердых бытовых отходов. Отходы размещаются на 120 объектах, общая площадь организованных хранилищ токсичных отходов составляет 386,4 га, площади свалок составляют от 6 до 10 га, но зона их влияния распространяется на более значительные территории. Кроме того, имеется множество мелких необустроенных свалок твердых бытовых и промышленных отходов, на территории которых происходит интенсивное загрязнение почвы.

Таблица 2.3.1.5

Отходы, представляющие ресурсную ценность на территории самарской области 2012 г.

Обращение с отходами	Использование	Обезвреживание	Захоронение
Твердые коммунальные отходы	22 069,13	1 987,42	1 434 171,77
Стекло	0,90	0,00	765,16
Одежда, текстиль	5 249,94	4,25	3 364,59
Резиновые, резинометалл	929,26	0,08	207,50
Отходы древесины	9 961,43	7 302,68	8 781,33
Лом и отходы металлов	396 857,03	0,00	2 881,33
Отходы полимеров	9 106,29	90,04	38 159,27
Бумага и картон	41 663,09	20,84	8 143,47
Всего, тонн	485 837,07	9 405,31	1 496 474,41

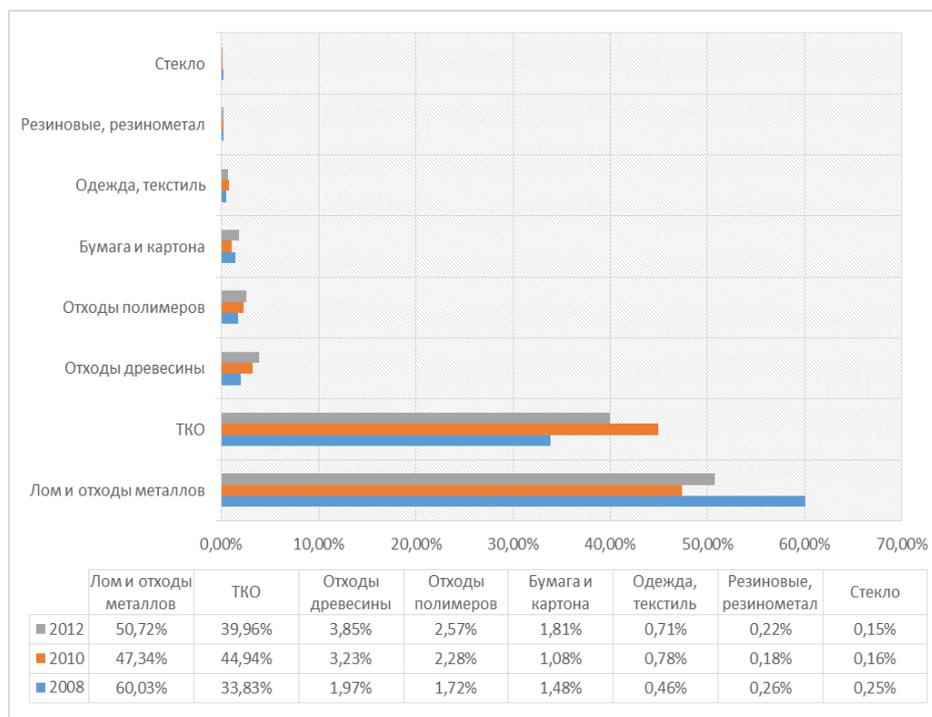


Рисунок 2.3.1.4 – Доли образования основных видов ценных для вторичного использования отходов



Рисунок 2.3.1.5 – Схема обращения с отходами в самарской области

К сожалению, на сегодняшний день, система обращения с отходами в г. Самара в целом заключается в вывозе отходов на полигоны. Переработка и сортировка мусора практически не осуществляются. Так территории, занимаемые полигонами, неуклонно растут. Безусловно, учитывая объемы отходов, проблема с их утилизацией требует комплексного подхода. Именно использование модульных металлургических мини-заводов способно кардинально поменять складывавшуюся годами систему.

Промышленные предприятия Самарской области в течение года закупают приблизительно 1,52 млн. т стали. По оценке экспертов, около 40% от этого объема приходится на Волжский автомобильный завод, еще 35-40% потребляют прочие крупные предприятия региона и только около 25% металла от общего объема находится в свободном обращении. Годовой оборот металлопроката – 22,8 млрд руб.

Рынок металлопроката сильно подвержен сезонным колебаниям, поэтому объем потребления значительно меняется. При этом около 70% приходится на черный металл, а остальное – на цветной, легированный и специальные стали (в основном нержавеющие).

Основными потребителями черного металлопроката являются строительные компании и заводы по производству железобетона, цветной металл и «нержавеяка» больше идут на нужды промышленного производства. Основная технология при возведении в Самарской области зданий и сооружений – это монолитное строительство с использованием арматуры. Порядка 60-70% продаж черного металлопроката приходится именно на арматуру.

Кроме этого, на базе Самарской области формируется инновационный территориальный Аэрокосмический кластер, который объединяет предприятия и организации в сфере разработки и производства высокоэффективной авиационной и ракетно-космической техники и технологий. Предприятиям кластера требуется не только «черный» металл, но и более технологичный цветной и редкоземельный. Модульные металлургические мини-заводы способны удовлетворять потребность производства, в том числе и высокотехнологичной продукции.

Задание

1. Проанализируйте регион и предложите оптимальное место для расположения металлургического мини-завода.
2. Определите ресурсную базу для функционирования мини-завода (вид и качество сырья).
3. Предложите технологию переработки сырья, определите номенклатуру и технологию производства продукции, выпускаемой заводом.
4. Определите объем выпуска каждого основного вида продукта и его потенциальных потребителей.
5. Приведите структуру затрат и оцените объем инвестиций необходимых для реализации предлагаемых решений. Предложите источники и приведите план-график финансирования.

2.3.2 М2018О АР «Лед и сталь»

В данном кейсе необходимо принять решение относительно выбора способов повышения хладостойкости и свариваемости морских конструкционных сталей, используемых при производстве и эксплуатации судов арктического ледокольного флота. Необходимо проанализировать энергосберегающие, производственно-технологические и организационные решения, обеспечивающие производство хладостойких сталей с требуемыми эксплуатационными свойствами.

В числе геополитических реалий, влияющих на развитие мировой экономики и энергетики ближайших десятилетий, выделяется и освоение ресурсов Арктики. Кроме того, вдоль арктического побережья России проходит Северный морской путь – самый короткий коридор водного транспорта из Европы в Азию, вдвое короче маршрута через Суэцкий канал. Потепление Арктики делает Северный морской путь все более привлекательным для международной торговли нефтью, сжиженным газом, железной рудой. В мире растет спрос на услуги российского ледокольного флота, в первую очередь, на сопровождение ледоколами крупнотоннажных танкеров от Баренцева моря до Берингова. Конкурентным преимуществом России является наличие в составе арктического флота мощных атомных ледоколов, способных ходить даже в многолетних льдах толщиной 2 метра и более. Для решения задачи увеличения объема перевозок грузов по Северному морскому пути и организации регулярного судоходства необходимо повысить уровень технической оснащённости трасс, что определяет создание и эффективное использование продукции судостроения. Для эффективной эксплуатации трасс СМП и разработки арктических месторождений необходимо создать представительное число ледоколов и судов ледового плавания, обеспечивающих соответствующую скорость движения во льдах.

Выбор материалов для строительства новых судов, подлежащих эксплуатации в суровых климатических условиях Арктики, становится важным этапом успешной реализации проекта. В связи с этим, к сталям, используемым для строительства морских судов и конструкций, предъявляется ряд особых требований, отражающих специфику региона. Для реализации проекта по освоению Арктики немаловажным условием является и стоимость поставляемых материалов.

В настоящий момент отечественные разработчики и проектанты предлагают несколько инновационных способов получения конструкционной стали, которая может использоваться в экстремальных условиях арктического региона – при предельно низких температурах, воздействии статических, динамических и циклических нагрузок, коррозионной среды.

Особенности использования арктических материалов

Экстремальные условия в высоких широтах на Арктическом шельфе такие, как: низкие температуры до -55°C , циклические нагрузки от ледовых и ветро-волновых условий, длительное коррозионное воздействие морской воды и коррозионно-эрозионный износ в условиях сезонного повышения солености льда при эксплуатации ледоколов, плавучих буровых установок, мощных морских кранов потребовали создания хладостойких сталей с высокими характеристиками прочности, пластичности, сопротивления усталостному и хрупкому разрушению, с хорошей свариваемостью. Исходя из анализа морских нефтегазодобывающих платформ и конструкций*, эксплуатируемых на арктическом шельфе, предлагаемые материалы должны соответствовать следующим параметрам:

- широкий интервал прочностных характеристик (от 235 до 690 Н/мм^2) в сочетании с высокой пластичностью и ударной вязкостью,
- обеспечение волокнистого излома при изгибе,
- высокое сопротивление хрупким разрушениям при температурах эксплуатации до $-40-50^{\circ}\text{C}$,
- сопротивление воздействию статических, динамических и циклических нагрузок,

- отсутствие коррозионно-механических повреждений при расчетном сроке эксплуатации в морской воде,
- сопротивление слоистым разрушениям в узлах сварных конструкций,
- достаточная технологичность при изготовлении (гибке, правке) и сварке элементов конструкций, обеспечивающая возможность изготовления крупными блоками и сборку на открытых площадках в условиях низких температур (в отдельных случаях до – 20°С),
- трещиностойкость (свойство материалов сопротивляться развитию трещин при механических и других воздействиях).

Также необходимо учитывать экономическую составляющую использования материалов повышенной прочности для арктического региона, учитывая сложность доставки и монтажа.

Высокий уровень требований, предъявляемых к коррозионной стойкости, стали для судов ледового класса, и высокая стоимость легирующих элементов делают востребованным применение двухслойных сталей для ответственных конструкций.

Основной слой представлен высокопрочной низко- или среднелегированной сталью, плакирующей - коррозионностойкой.

Успешным опытом стало использование плакированной стали в качестве корпусного материала при строительстве атомного ледокола «50 лет Победы», что обеспечило надежную защиту ледового пояса наружной обшивки судна от коррозионно-эрозионного воздействия льда и морской воды. Однако использование плакированных сталей не во всех случаях является целесообразным.

Во второй половине XX века были разработаны стали типа А1 с гарантированным пределом текучести 490 Мпа, которые применялись для построения атомных ледоколов «Ленин» и «Сибирь». Опыт работы этих ледоколов использован при разработке корпусных сталей для судов, работающих в сложных условиях мелководья прибрежных районов Арктики с заходами в устья сибирских рек. Также на их основе были разработаны и приняты в качестве корпусных материалов мелкосидящих атомных ледоколов типа «Таймыр» стали марок АБ-1, АБ1-А и АБ-2. В состав таких марок кроме углерода, кремния и марганца, также входят хром, никель, молибден и медь. Требуемый уровень механических свойств стали достигается после закалки и высокого отпуска. Важнейшим достоинством этих сталей является высокая стойкость к слоистым (ламинарным) разрушениям. Слоистое разрушение в сварных конструкциях, выполненных из листов большой толщины, возникает в результате значительных сварочных напряжений или внешних нагрузок, направленных перпендикулярно поверхности проката.

Разработанные к настоящему времени технологии производства листового проката из высокопрочных корпусных сталей основаны на принципах достижения требуемых свойств преимущественно за счет легирования дорогостоящими элементами, такими как никель, что в значительной мере и определяет высокую стоимость продукции. В то же время современные металлургические и прокатные технологии позволяют добиваться необходимых свойств стали за счет применения инновационных подходов.

В рамках государственно-частного партнерства реализован проект «Металл» - инновационный проект государственного значения «Создание технологий и освоение производства металлических материалов с двукратным повышением свойств». ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» имени академика И. В. Горынина выступил в качестве ведущей научной организации, принявшей участие в разработке ряда хладостойких материалов, пригодных для использования в арктическом регионе.

Хладостойкие судостроительные стали

Хладостойкие стали - группа низко- и среднелегированных сталей предназначена для работы при температурах до – 196° С. В зависимости от состава и степени легирования нижний предел рабочей температуры может составлять – 100, – 120, – 160 и – 196° С. Долгое

время для этих температурных условий работы применяли только никельсодержащие стали с 3, 6 и 9% никеля и низким содержанием углерода или аустенитные.

Выбор хладостойкой стали оптимального состава – это всегда поиск компромисса между системой противоречивых требований: высокой прочностью, необходимой вязкостью и пластичностью. Арктический климат оказывает на данные свойства непосредственное влияние – с понижением температуры среды происходит повышение прочности и, тем самым, снижение пластичности и вязкости, что способствует хрупкому разрушению стальных элементов.

Под **прочностью** понимается способность стали сопротивляться внешним силовым воздействиям без разрушения. Прочность определяют с помощью специальных испытаний на растяжение стандартных образцов, изготовленных из исследуемой стали.

Под **ударной вязкостью** понимают способность материала поглощать механическую энергию в процессе деформации и разрушения под действием ударной нагрузки.

Пластичность – способность стали получать при нагружении остаточное изменение формы и размеров без разрушения. Пластичность характеризуется относительным удлинением при разрыве.

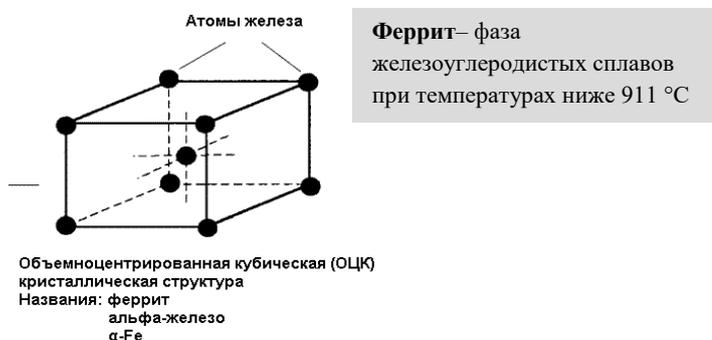


Рисунок 2.3.2.1 – Объемноцентрированная кубическая кристаллическая структура



Рисунок 2.3.2.2 – Гранецентрированная кубическая кристаллическая структура

На хладостойкость стали существенное влияние оказывает ряд элементов, входящих в ее состав. В первую очередь, к таким элементам относится сам углерод. Он образует с железом твердые растворы, усиливая прочность стали, тем самым снижая пластичность и вязкость. Принято считать, что увеличение содержания углерода в стали на каждые 0,1% повышает хладноломкость на 20°C.

Также необходимо строго контролировать содержание таких элементов, как фосфор и сера, и растворенных газов - кислорода, водорода и азота. Фосфор обогащает межзерновые границы благодаря сильной ликвации и образованию концентраторов напряжений. Сера образует сульфидные включения, которые также будут концентраторами напряжений. Повышение содержания серы на 0,01% увеличивает порог хладноломкости на 15°C.

Другой важной особенностью хладостойких судостроительных сталей должна быть надежность и прочность сварных соединений в условиях все тех же экстремальных условий. Во избежание получения прочных, но хрупких образований в зонах термического влияния сварного соединения необходимо, кроме снижения углерода добиться снижения

легирующих элементов, что снизит закаливаемость стали, но обеспечит минимальный требуемый уровень прочности сварного шва. Данные условия позволяют добиться однородности и гомогенности химического состава соединения при фазовых переходах.

Нельзя не упомянуть о необходимости обеспечения материала коррозионной и трибологической (трение) стойкостью. Нержавеющий и износостойкий эффект достигается применением легирования.

Термомеханическая (термопластическая) обработка заключается в совмещении двух способов упрочнения – пластической деформации и фазовых изменений. Применительно к стали термомеханическая обработка заключается в наклепе аустенита с последующим его превращением.

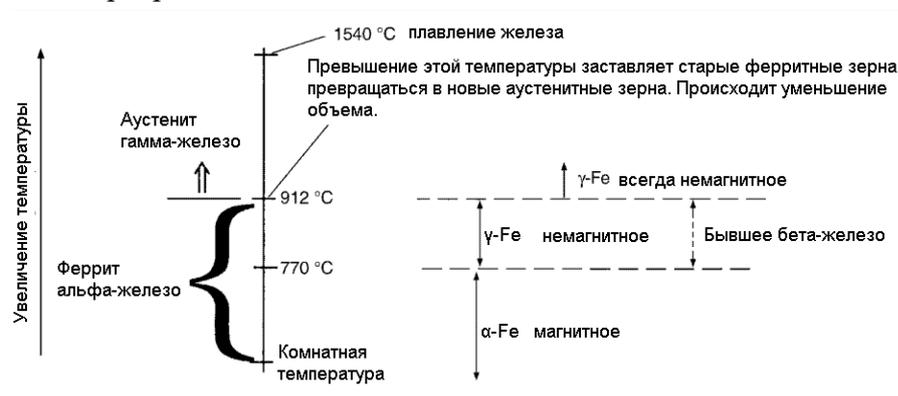


Рисунок 2.3.2.3 – Фазовые переходы железоуглеродистых сплавов

Российский и международный стандарты производства хладостойких судостроительных

Качество и надежность судостроительных сталей в значительной степени определяется действующей системой надзора и предъявляемым к ним требованиям. К настоящему времени наиболее полной системой контроля качества материалов обладают классификационные судостроительные общества: Det Norske Veritas (Норвегия), ABS (США), Germanischer Lloyd (Германия), Российский морской регистр судоходства (РМРС) (Россия). Действующими гостами являются ГОСТ 5521-93 «Прокат стальной для судостроения. Технические условия» и ГОСТ 52927-2015 «Прокат для судостроения из стали нормальной, повышенной и высокой прочности».

В последнем, помимо описания базовых марок сталей А, В, С, D, Е, изложены требования к стали нормальной, повышенной и высокой прочности улучшенной свариваемости с гарантией сопротивляемости слоистым разрывам с индексом «W» для конструкций, работающих при низких температурах (F): FW, F32W, F36W, F36SW, F40W, F40SW, F420W, F460W, F500W. Кроме того, в ГОСТ 52927-2015 и в Правила РМРС с 2012 года добавлены требования к стали повышенной и высокой прочности улучшенной свариваемости с индексом «Arc», которая может быть применена для элементов конструкций корпуса ледоколов и судов ледовых классов Arc, расчетная температура TD которых ниже -30°C : F32W^{Arc}, F36W^{Arc}, F36SW^{Arc}, F40W^{Arc}, F40SW^{Arc}, F420W^{Arc}, F460W^{Arc}, F500W^{Arc}. Рядом с символом указывается минимальная рабочая температура материала, без знака «минус», до которой сталь может быть использована для любых конструктивных элементов без ограничений (например, F36W^{Arc40}). Также в Правилах РМРС обозначены требования к сталям высокой прочности с пределом текучести 620 и 690 МПа: F620W, F690W. Химический состав стали регламентируется исходя из необходимости низкого содержания углерода, серы и фосфора, газов и неметаллических включений, а также обеспечения содержания легирующих элементов в узких пределах для обеспечения свариваемости.

Таблица 2.3.2.1

Требования к химическому составу судостроительной стали*

Класс прочности	Марка стали	C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	Mo	Al	Ti	S	P
		Не более			Не более						Не более	
Нормальная прочность	FW	0,12	0,6-10	0,15-0,35	0,30	0,35	0,40	-	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
Повышенная прочность	F32W	0,07-0,12	0,6-0,90	0,15-0,35	0,30	0,35	0,40	0,08	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
	F36W	0,07-0,11	1,15-1,6	0,10-0,40	0,20	0,35	0,80	0,08	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
	F40W	0,07-0,11	1,15-1,60	0,10-0,40	0,20	0,35	0,80	0,08	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
Высокая прочность	F420W	0,08-0,11	1,15-1,60	0,10-0,40	0,20	0,30-0,60	0,65-1,05	0,08	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
	F460W	0,08-0,11	1,15-1,60	0,10-0,40	0,20	0,30-0,60	0,65-1,05	0,08	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010
	F500W	0,08-0,12	0,45-0,75	0,20-0,40	1,05-1,30	0,35-0,65	1,85-2,15	0,10-0,18	0,020-0,060	0,02	0,005	0,010

* Сталь F может (сталь повышенной и высокой прочности - должна) содержать также ванадий и/или ниобий. При этом суммарная доля ванадия, ниобия и титана не должна превышать 0,012%. Массовые доли элементов зависят от того, вводятся они по отдельности или в комбинации.

Таблица 2.3.2.2

Основные характеристики хладостойких судостроительных сталей, обладающих улучшенной свариваемостью

Класс прочности	Марка стали	Толщина, мм	Временное сопротивление, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение, %	Кол-во волокнистой составляющей в изломе проб, %	Работа удара KV ⁶⁰ , Дж
					Не менее		
Нормальная прочность	FW	5 - 70	400-520	235	22	75	40
Повышенная прочность	F32W	5 - 70	440-570	315	22	80	50
	F36W	5 - 70	490-630	355	21	80	50
	F40W	5 - 70	510-660	390	20	80	50
Высокая прочность	F420W	7,5 - 70	530-680	420	19	90	80
	F460W	7,5 - 70	570-720	460	19	90	80
	F500W	7,5 - 80	610-770	500	18	90	80

Температура T_{кб} определяется как температура, соответствующая 70% волокнистой составляющей в изломе образца натурной толщины с круглым надрезом, разрушаемого при статическом изгибе. Температура нулевой пластичности NDT – максимальная температура, при которой происходит разрушение стандартных образцов с хрупкой надрезанной наплавкой, испытываемых на изгиб падающим грузом.

Для производителей отечественных судостроительных сталей надзорные функции выполняет РМРС согласно разработанному своду «Правил классификации и постройки морских судов», который включает контроль химического состава, способа производства, микро- и макроструктуры, механических свойств, а также регламентирует порядок, объемы и способы проведения испытаний. Прокат, предназначенный для постройки судов и других плавучих средств на класс Регистра, изготавливают под надзором Регистра и обозначают индексом «РС» перед обозначением марки стали. В Правилах учтены унифицированные требования, интерпретации и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ (International Association of Classification Societies, IACS) и соответствующие резолюции Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO).

Учитывая, что условия эксплуатации сталей арктического назначения для российского шельфа более суровые, чем в северных районах мирового океана, РМРС предъявляет более жесткие требования по хладостойкости стали и сварочных материалов, предназначенных для конструкций, работающих при низких температурах, чем зарубежные стандарты. Регламентированы методы дополнительных испытаний: методы определения температуры вязко-хрупкого перехода для оценки способности материала тормозить распространение хрупкого разрушения (Ткб, NDT, DWTT) и методы определения параметра трещиностойкости CTOD.

Технологии легирования хладостойких сталей

Углеродистые стали часто не удовлетворяют повышенным требованиям к материалам, которые предъявляются развивающимися отраслями промышленности. Эти недостатки углеродистых сталей можно исправить легированием – введением в сталь химических элементов для получения, требуемых строения, структуры, физико-химических и механических свойств. Основной структурной составляющей в конструкционной стали является феррит, занимающий в структуре не менее 90% объёма. Растворяясь в феррите, легирующие элементы упрочняют его. Твердость феррита наиболее сильно повышают кремний, марганец и никель. Большинство легирующих элементов, упрочняя феррит и мало влияя на пластичность, снижают его ударную вязкость.

Основными легирующими элементами в сталях являются Mn, Si, Cr, Ni, Mo, W, Co, Cu, Ti, V, Zr, Nb, Al, B. В некоторых сталях легирующими элементами могут быть также P, S, N, Se, Te, Pb, Ce, La и др. Оценивая прочность, пластичность и вязкость в отношении хладостойких сталей можно видеть, что большинство из этих элементов существенно увеличивают твердость стали, однако в отношении вязкости картина не столь однозначна. Во многом, конечные свойства зависят от концентрации конкретного элемента.

Таблица 2.3.2.3

Влияние легирующих элементов на свойства стали

	Коррозионная стойкость	Предел текучести	Ударная вязкость	Твердость	Хладноломкость	Свариваемость
Углерод						
Марганец						
Кремний						
Никель						
Хром						
Медь						
Ванадий						
Молибден						
Титан						

увеличивает
 не оказывает заметного влияния
 уменьшает

Легирующие элементы могут растворяться в феррите или аустените, давать интерметаллические соединения, располагаться в виде включений, не взаимодействуя с ферритом и аустенитом, а также с углеродом. Растворение легирующих элементов в феррите приводит к упрочнению стали без термической обработки. Критические точки легированных сталей смещаются в зависимости от того, какие легирующие элементы и в каких количествах присутствуют в ней. Поэтому при выборе температур под закалку, нормализацию, отжиг или отпуск необходимо учитывать смещение критических точек.

Вместе с тем для получения требуемых свойств сталей целесообразно применять комплексное легирование, то есть использовать комбинацию нескольких легирующих элементов. Некоторые легирующие элементы могут оказывать существенное влияние на структуру и свойства стали при содержании их в сотых долях процента. Такие стали иногда называют микролегированными.

Говоря об экономической составляющей технологии легирования, стоит отметить высокие цены на используемые элементы, такие как никель и молибден. Кроме того, технология легирования требует подогрева стали при сварке, тем самым увеличивая трудоемкость и энергоемкость производства, что, в конечном итоге, влияет на продолжительность технологического цикла. Альтернативным вариантом получения хладостойких сталей может служить использование микролегирования и применение особой ТПО. При таком варианте существенно возрастает роль металлургического качества исходных полуфабрикатов (содержание газов, серы, фосфора, неметаллических включений, цветных примесей), которое, как известно, наследуется конечной продукцией. Поэтому широкое развитие при производстве высокопрочных сталей в электропечах или конвертерах находят методы внепечной обработки и вакуумирования. Но в случае производства листового проката толщиной свыше 20 мм с использованием термомеханической обработки возникает ряд проблем, главная из которых - большая вероятность получения разнородной структуры и свойств по сечению листа в связи с усилением действия градиента на технологических этапах производства.

Способы повышения эксплуатационных характеристик хладостойких сталей

Рафинирование стали. Рафинирование стали – это процесс очистки стали от вредных и нежелательных примесей. Чистота стали оказывает большое влияние на вязкость. Уменьшение содержания серы приводит к росту значений ударной вязкости, а каждые 0,01% фосфора смещают порог хладноломкости в среднем на 10°C.

Рафинирование осуществляется как в сталеплавильном агрегате на заключительной стадии плавки, так и вне печи – в ковшах, установках ковш-печь, в специальных агрегатах (например, вакууматор). Внепечное рафинирование стали предпочтительнее, поскольку не приводит к увеличению продолжительности плавки, позволяет решить задачу введения в расплав летучих, легкоокисляемых, труднорастворимых и токсичных элементов и дает возможность применять комбинированные методы обработки, включающие в себя несколько способов рафинирования стали (раскисление, десульфурация, дегазация (удаление азота и водорода), обезуглероживание, глобуляризация неметаллических включений и другие).



Рисунок 2.3.2.4 – Установка циркуляционного вакуумирования

Рафинирование стали можно проводить добавлением окислителей и восстановителей, вакуумированием, продувкой расплава стали инертными газами, обработкой металла шлаками (жидкими, твердыми кусковыми и порошкообразными).

Раскисление стали. Представляет собой процесс снижения содержания кислорода в стали до уровня, исключающего возможность окислительных реакций, и максимально возможного удаления продуктов реакций раскисления – оксидов. Для получения качественных хладостойких сталей важен выбор раскислителей, а также способ и последовательность введения их в расплав. В зависимости от применяемых раскислителей изменяются типы включений и гранулярность структуры, и поэтому свойства стали могут быть различными при одинаковом содержании кислорода. В качестве раскислителей выступают марганец, кремний, титан и другие. Окончательное раскисление литых сталей

почти всегда производится с помощью алюминия, который не только снижает содержание кислорода и обеспечивает получение плотных отливок, но и выступает регулятором размера зерна аустенита при производстве сталей с наследственно мелкозернистой структурой.

Стали по качеству раскисления:

- «Спокойные стали» - полностью раскисленные
- «Полуспокойные стали» - промежуточное положение
- «Кипящие стали» - процесс раскисления прошел не до конца

Модифицирование щёлочноземельными и редкоземельными металлами.

Эффективным способом повышения хладостойкости литой стали является модифицирование ее высокоактивными щёлочноземельными металлами (ЩЗМ) и редкоземельными металлами (РЗМ), обладающими высокой раскислительной способностью и рафинирующим эффектом. Модифицирование позволяет измельчить микро- и макроструктуру, уменьшить развитие неоднородности, снизить содержание газов, изменить природу и форму неметаллических включений.

Из ЩЗМ в производстве стали наибольшее применение получил кальций, который обычно вводят в хорошо раскисленную сталь в виде сплавов с кремнием, алюминием, барием и другими элементами. Из РЗМ при выплавке хладостойкой стали чаще других используют церий, лантан, их сплавы. Перспективным является совместное модифицирование ЩЗМ и РЗМ, например, раскисление литой стали силикокальцием и ферроцерием, повышающими пластичность и ударную вязкость.

Специфика ЩЗМ и их сплавов (низкая температура кипения) требует определенных методов введения их в расплав: механизированная подача измельченного состава, завернутого в трубку из стальной ленты; выстреливание в металл капсул, заполненных сплавом; введение в виде брикетов в изложницу; вдувание в металл, слитый в ковш, порошкообразных материалов в струе инертного газа и другие.

Измельчение зерна. Технологические процессы выплавки и обработки современных высокопрочных низколегированных сталей позволяют достичь максимально возможного измельчения зерна как единственного фактора, обеспечивающего одновременное повышение прочности и вязкости. При измельчении зерна феррита низкоуглеродистой стали растет предел текучести и одновременно понижается температура перехода в хрупкое состояние. Результаты исследований связи между структурой, свойствами и режимами обработки способствовали развитию и оптимизации процессов термомеханической обработки. Также для этого используют термообработку и термоциклическую обработку, однако ТМО позволяет достичь большей степени измельчения зерна и связанного с ним улучшения свойств.

Еще один способ измельчения зерна – микролегирование карбидо- и нитридообразующими элементами. Для этого используют ванадий, титан, цирконий, алюминий, бор.

В промышленных углеродистых сталях зерно может быть измельчено до 10 мкм, в оптимально микролегированных сталях размер зерна может достигать 4-6 мкм. На рынке представлены стали ультразернистой структуры со средним размером зерна 1-2 мкм (Япония, Южная Корея).

В лабораторных условиях разработаны и опробованы различные методы получения сверхмелкозернистых структур (3-5 мкм и менее), а также формирования ультрамелкозернистой (0,3 - 3 мкм) и субмикроструктурной (0,5 – 1 мкм) структуры.

Получение сверхмелкого зерна обычно основано на методах интенсивной пластической деформации (ИПД), имеющих ограниченное применение в промышленности: кручения, равноканального углового прессования, деформации «осадка-экструзия-осадка», многократной прокатки, всестороннейковки и других.

Использование ИПД позволяет наряду с уменьшением среднего размера зерен изготовить относительно массивные образцы с практически беспористой структурой

материала, чего не удается достичь компактированием высокодисперсных порошков. В последнее десятилетие были разработаны новые и усовершенствованы уже известные методы измельчения структуры с помощью ИПД, основанные на формировании ультрамелкозернистой и субмикроструктурной структуры за счет явления фрагментации – разбиения аустенитного зерна на субзерна (фрагменты) границами деформационного происхождения с разориентировками между ними более 4°, которые играют роль, по сути, границ зерен, но при этом обладают большей проницаемостью.

На данный момент классификация структур по размерам во многом является условной, поскольку в различных публикациях встречаются противоречивые данные.

ПАО «Ленинск-Спецсталь»: особенности формирования производственной программы

ПАО «Ленинск-Спецсталь» является одним из успешно развивающихся металлургических предприятий Российской Федерации, которое специализируется на выпуске качественных углеродистых и легированных сталей повышенной и высокой прочности, а также металлопроката для строительной, топливно-энергетической и других отраслей промышленности России и зарубежья.

Отвечая на запросы рынка, предприятие постоянно расширяет сортамент выпускаемой продукции, совершенствует технологии производства, поддерживая качество продукции на мировом уровне.



Рисунок 2.3.2.5 – Основные технико-экономические показатели ПАО «Ленинск-Спецсталь»

Благодаря своей репутации, Ленинск-Спецсталь получило предложение судостроительной компании выполнить заказ на производство листового проката для эксплуатации в арктическом регионе. Реализация данного заказа позволит предприятию встать в один ряд с ведущими российскими металлургическими компаниями, в числе которых ПАО Северсталь, ПАО ММК, АО Объединенная металлургическая компания, ООО ОМЗ-Спецсталь, производящими широкий сортамент металлопроката хладостойких сталей, все более востребованный для нужд судостроения и топливно-энергетического комплекса (строительства судов и платформ ледового класса, трубопроводов и т.д.).

Современное оборудование, значительная часть которого поставлена ведущими мировыми фирмами, в сочетании с эффективными технологиями позволяет производить продукцию высокого качества по химическому составу, внутренней структуре, поверхности и геометрическим размерам. Основными цехами являются Электросталеплавильный цех (ЭСПЦ), Сталелитейный цех, Листопрокатный цех. ЭСПЦ оборудован сталеплавильным комплексом, который включает:

- дуговую сталеплавильную печь емкостью 70 т (ДСП-70), мощностью до 500 тыс. тонн стали в год.
- установку внепечной обработки стали.

В данном цехе на базе сталеплавильного комплекса производится выплавка более 100 видов стали электродуговым способом из подготовленной металлической шихты. ДСП-70 позволяет выплавливать 70 т металла за каждые 55 минут. Также в цехе имеется ДСП-50, используемая в качестве резервной мощности.

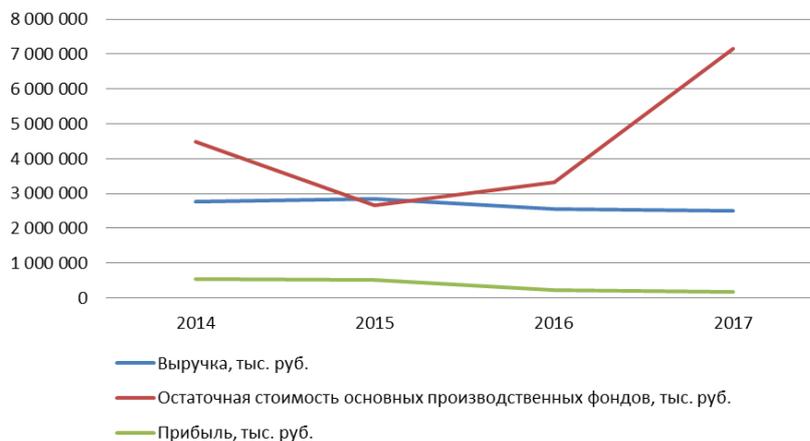


Рисунок 2.3.2.6 Основные технико-экономические показатели ПАО «Ленинск-Спецсталь»

Электродуговая печь. Шихта, ферросплавы, шлакообразующие материалы (известняк) и углеродсодержащие материалы доставляются в шихтовый пролет автомобильным и железнодорожным транспортом. Металлический и чугунный лом загружаются в шихтовую бадью и подаются в ДСП-70. Известняк и углеродсодержащие материалы загружаются в свод печи при помощи мультисамоходных кранов. Происходит процесс дефосфоризации плавки (путем периодической добавки основных шлакообразующих материалов). Оксид фосфора формируется и скидывается в шлак вместе с другими окисями металла и примесями с помощью продувки ванны кислородом и одновременного сжигания углерода. Потом вдувание кислорода прекращается, и шлак из ДСП удаляется. После процесса плавки полупродукт выпускается из печи и направляется на участок внепечной металлургии для дальнейшей обработки.

Участок внепечной обработки стали. Горячая сталь требует дальнейшей обработки для удаления примесей и возможных причин для возникновения брака, чтобы обеспечить высокое качество литья иковки. В настоящее время используется три типа внепечной обработки стали:

- две установки «печь-ковш» (УКП)
- установка вакуумирования стали.

Сталь сначала обрабатывается в УКП для корректировки температуры плавления и химического состава полупродуктов, а также удаления серы. В процессе обработки периодически добавляются углерод, ферросплавы и алюминий для уменьшения формирования оксидов металлов, таких как окиси марганца, хрома, что уменьшает потери этих элементов в плавке. УКП имеет также систему порошковых проводов для вдувания алюминия. Дополнительный алюминий вдувается в ванну с металлом для раскисления до выпуска. Для регулирования химического состава стали и рабочей температуры в печи применяется продувка аргоном через днище ковша.

После обработки на УКП сталь подается на установку внепечного вакуумирования. В процессе вакуумной дегазации (VD – Vacuum Degassing) из стали удаляются газообразные примеси типа углерода и азота и резко сокращается содержание кислорода и серы.

Комплекс позволяет проводить внепечную обработку стали в ковшах с заданной производительностью и обеспечивает высокое качество стали по химическому составу и содержанию неметаллических включений при оптимизированном энергопотреблении.

Разливка стали. В цехе установлена двухручьева слябовая вертикальная МНЛЗ (машина непрерывного литья заготовок). После остывания заготовки транспортируются дальше.

Производство горячекатаного плоского проката

В цехе установлены пять нагревательных печей, комбинированный полунепрерывный стан «2800»/ «1700», мощностью 2,0 млн т горячекатаного листового проката. Цех имеет термическое отделение.

Оборудование стана «2800» позволяет производить толстолистовой прокат широкого марочного и профильного сортамента в горячекатаном или после термической обработки состоянии. Черновые клети «2800» способны катать лист толщиной 8-50 мм и шириной 2500 мм.

Термическое отделение состоит из двух проходных роликовых печей. Печи позволяют выполнять следующие виды термической обработки: нормализацию листов, закалку, отпуск и отжиг.

Стан «1700» является продолжением толстолистового стана «2800» и предназначен для горячей прокатки с последующей смоткой в рулон. На стане прокатываются стали от низкоуглеродистых до углеродистых марок (полоса толщиной 2-8 мм, шириной до 1400 мм).

Часть слябов подвергается дальнейшей обработке в сортопрокатном цехе для производства широкого сортамента металлопроката. Работоспособность основного производства обеспечивают вспомогательные цеха такие, как кислородно-компрессорный цех; ремонтно-механический цех и другие.

ПАО является предприятием полного цикла производства: от выплавки стали до финишной механообработки. Так как на каждом этапе в производстве принимает участие принципиально различное оборудование, то на предприятии используется попередельный метод калькуляции себестоимости. На каждом переделе производится детализация по характерным элементам затрат: переменным (энергоресурсы, зарплата основного производственного персонала, спецоснастка) и постоянным/условно-постоянным (амортизация, капремонты, зарплата вспомогательного персонала, общехозяйственные расходы и пр.).

Используя плановые нормативы каждого из переделов, а также технологические данные по выбранному изделию, производится расчет себестоимости.

Основные направления энергоменеджмента и экологической политики ПАО «Ленинск-Спецсталь»

На предприятии действует система энергетического менеджмента (СЭнМ), представляющая собой совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, используемая для установления энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур достижения этих целей.

Деятельность ПАО «Ленинск-Спецсталь» соответствует требованиям ISO 50001. Особое внимание на предприятии уделяется вопросам экологии. Так, в рамках системы энергетического менеджмента реализуется проект по снижению выбросов парниковых газов (Global Carbon).

СЭнМ включает в себя следующие элементы

- интегрированное ресурсное планирование,
- планирование энергоснабжения с учетом действий по управлению энергопотреблением,
- энергетический аудит,
- контроль и нормализация энергопотребления,
- верификация данных и результатов.

- СЭнМ основана на внедрении технологических и системных мероприятий. Практика показывает, что примерно половина возможностей по сохранению энергетических ресурсов может быть потеряна в случае проведения исключительно технологических мероприятий.

- Политика ПАО «Ленинск-Спецсталь» в области энергетического менеджмента направлена на создание эффективных процедур подготовки и реализации программ в области энергосбережения и охраны окружающей среды, обеспечивающих постоянное выявление и решение наиболее важных задач энергетической и экологической безопасности.

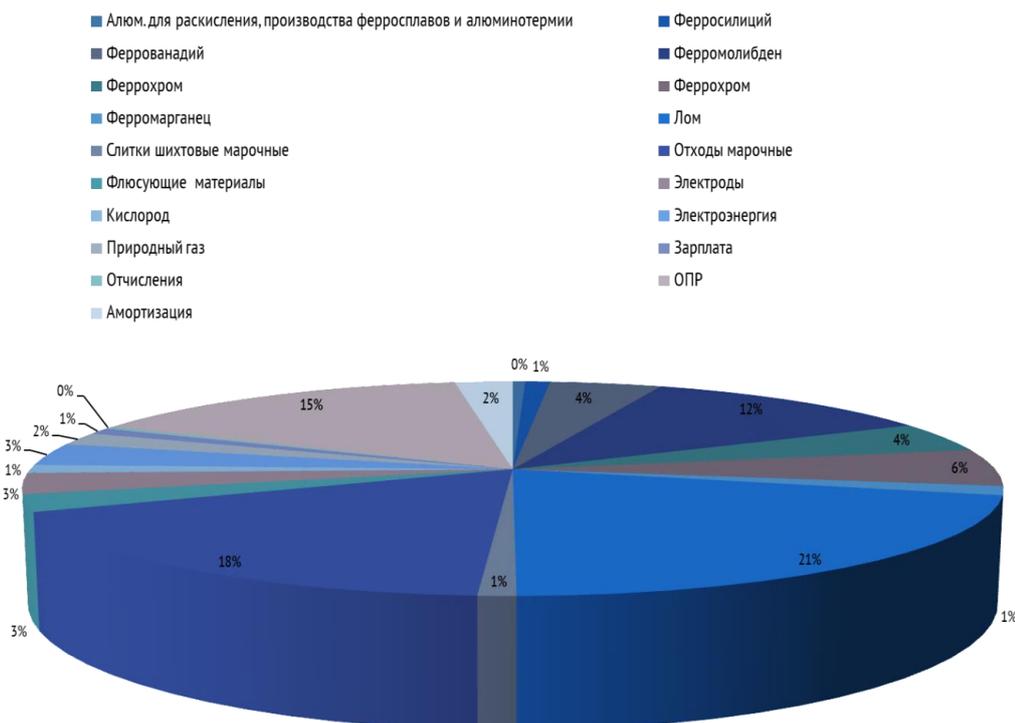


Рисунок 2.3.2.7 Плановая калькуляция себестоимости по электросталеплавильному цеху

Благодаря проведенной модернизации производственного оборудования ЭСПЦ (на долю которого приходится большая часть электроэнергии, потребляемой цехами завода), внедрения в производственный процесс установки «печь-ковш», оптимизации производственного процесса в последнее время достигнуто значительное снижение потребления электроэнергии на тонну выплавленной стали. Так, если в 2012 году на одну тонну расходовалось электроэнергии 1197 кВт. ч, то в 2017-м уже 787 кВт.ч. Стратегической целью до конца 2021 года становится снижение потребление электроэнергии по ЭСПЦ на 28% по отношению к 2017 году.

Разработанные нормы ориентированы на действующее производство. При изменении номенклатуры производимой продукции, технологии ее тепловой обработки, а также при осуществлении различных организационно - технических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования топлива в печах (например, использование новых огнеупорных материалов), нормы оперативно корректируются.

Существующее положение энергохозяйства отвечает современным требованиям по обеспечению рационального использования энергоресурсов на промышленном предприятии, а именно:

- энергетические службы укомплектованы квалифицированными специалистами;

- в 2013г. проведена полная модернизация производства с установкой современного, энергоэффективного, высокоточного оборудования;
- осуществляется систематический контроль эксплуатации наиболее энергоемкого оборудования: электросталеплавильного, кранового, нагревательных и термических печей (проводятся осмотры, составляются программы испытаний, аттестации, измерения и т.д.);
- удельное потребление энергетических ресурсов строго регламентировано разработанными нормами расхода энергоносителей, осуществляются их необходимый учет и мониторинг.

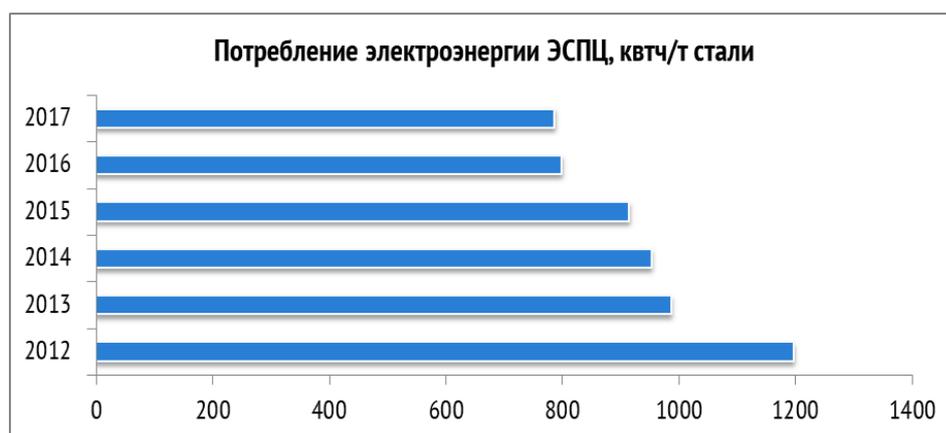


Рисунок 2.3.2.8 Удельное потребление электроэнергии

Задание

1. Выберите для ПАО «Ленинск–Спецсталь» технологию производства хладостойкой стали, соответствующую ее производственным и экономическим возможностям.
2. Предложите мероприятия по снижению удельного потребления энергоресурсов при производстве морских конструкционных сталей для строительства и эксплуатации судов арктического ледокольного флота РФ. Исследуйте возможность использования вторичных энергоресурсов, образующихся в процессе производства, исследуйте возможность утилизации металлургических газов и снижения их потерь. Выполните анализ удельного потребления расхода энергетических ресурсов.
3. Как изменится структура затрат ПАО «Ленинск–Спецсталь» при применении выбранной технологии производства хладостойкой стали по следующим параметрам:
 - А) затраты на найм и обучение персонала
 - Б) затрат на приобретение и модернизацию оборудования
 - В) затраты на приобретение сырья и расходных материалов
4. Оцените предлагаемый проект производства хладостойкой стали для ПАО «Ленинск–Спецсталь». Для анализа экономической эффективности проектов может быть использована методика оценки экономических показателей с помощью модели DCF (Discounted Cash Flow).

2.3.3 М2019О «Сила стали»

Необходимо использовать математические методы прогнозирования износа рабочих валков для их оптимального подбора под заданную монтажную партию, с целью минимизации общего износа. Разные валки изнашиваются по-разному в зависимости от сортамента и номера клетки. В стане горячего проката имеется 6 чистовых клеток (номера 6-12), при этом чистовые клетки с номерами 8-12 обладают одинаковым типоразмером. Таким образом, рабочие валки взаимозаменяемы между ними и глобальная задача состоит в перераспределении имеющихся рабочих валков между этими клетями, чтобы снизить их суммарный износ для заданного сортамента.

Области применения проката

Металлургическая промышленность является одной из ведущих отраслей российской экономики. Ее продукция служит основой развития машиностроения, строительства, а также находит широкое применение во всех отраслях народного хозяйства.

Вклад металлургии в валовой внутренний продукт России составляет 2,5%, в добавленную стоимость обрабатывающей промышленности - 17,4%, в экспорт - 10,0%, в экспорт обрабатывающей промышленности - 29,2%, в занятость - 2,6%. На металлургических предприятиях занято более 900 тыс.чел, более чем в 55 городах металлургические предприятия являются градообразующими. Черная металлургия использует более 5% электроэнергии, более 8% природного газа от общего внутреннего потребления в РФ, ее доля в грузовых железнодорожных перевозках составляет 15%.

Система производств черных металлов охватывает весь процесс - от добычи и подготовки сырья, топлива, вспомогательных материалов до выпуска проката с изделиями дальнейшего передела. Металлургическим циклом является следующая последовательность производств (переделов):

- производство чугуна (первый передел);
 - производство стали, включая непрерывную разливку (второй передел);
 - производство проката (третий передел).

Существует несколько разновидностей предприятий черной металлургии:

- металлургические предприятия полного цикла (предприятия, производящие чугун, сталь и прокат, например: Магнитогорский металлургический комбинат, Челябинский металлургический комбинат);
 - предприятия «передельной» металлургии - предприятия без выплавки чугуна, а иногда и стали (например, Синарский трубный завод не имеет собственного производства стали и изготавливает трубы из покупной заготовки);
 - предприятия «малой» металлургии (машиностроительные заводы, осуществляющие выпуск стали и проката).

Конечной продукцией предприятий третьего (дальнейшего, после получения чугуна и стали) передела являются изделия разнообразной формы из стали и сплавов, полученные с применением процессов обработки металлов давлением, одним из которых является прокатка.

Прокатка - самый высокопроизводительный процесс обработки металлов давлением, заключающийся в деформации металла в пространстве между вращающимися валками. Процесс нашел применение при изготовлении практически всех видов металлопродукции из стали и сплавов.

Особую нишу в конечной продукции процесса проката занимает листовая сталь. В зависимости от типа изготовления лист стальной подразделяется на два основных вида – горяче- и холоднокатаный.

Область применения горячекатаного листового проката охватывает все сферы хозяйства страны: машиностроительную отрасль, приборостроение, пищевую промышленность. Широкое применение находит продукция в строительстве промышленных объектов, зданий жилого и общественного назначения.

Объемы производства проката в России и ее доля в мировом объеме

Россия является пятым крупнейшим производителем стали в мире с объемом выпуска в 69,6 млн т, что составляет 4,3% общемирового производства. Лидером по выпуску стали по итогам 2016 г. является Китай (808, 4 млн т), далее следуют Япония (104, 8 млн т), Индия (95,6 млн т) и США (78,6 млн т).

Металлопродукция - вторая по значимости товарная группа российского экспорта после топлива и одна из отраслей международной специализации России. В 2017 г. её экспорт 37,3 млрд. долл. США, причём один из наиболее значимых сегментов в общем объёме металлопродукции составляет листовой прокат, уступая лишь полуфабрикатам стали.



Рисунок 2.3.3.1 – Товарная структура российского экспорта черных металлов в 2017 г.

Производственные мощности российской черной металлургии составляют около 85 млн т/г. В структуре производства стали за последние 25 лет значительно обновились основные производственные фонды, доля производства электродуговым способом увеличилась до 30%, а доля производства мартеновским способом сократилась до 2%.

Доля экспортных поставок в общем объеме российского производства металлопродукции последние 10 лет составляла не менее 39%. В отечественной черной металлургии с 2010 г. объем производства продукции с высокой добавленной стоимостью был увеличен более чем в 1,5 раза. В общем объеме производства российских металлургических компаний за данный период доля продукции с высокой добавленной стоимостью увеличилась с 14% до 20%.

В 2017 году на рынке листового горячекатаного стального проката России было произведено 19 288 878 тонн. При этом в течении года динамика производства была положительной. В январе 2017 года было произведено 1 494 250 тонн. При этом к декабрю 2017 года объемы производства листового горячекатаного стального проката увеличилось на 17,6% до 1 756 523 тонн. В январе-феврале 2018 года рост замедлился. По отношению к аналогичному периоду 2017 года объемы производства увеличились только на 4,6% до 3 176 530 тонн.



Рисунок 2.3.3.2 – Динамика производства на рынке листового стального проката в России в 2010-2017 гг., т

Среди основных видов проката, которые производятся на рынке листового горячекатаного стального проката 2017-2018 годах - прокат листовой горячекатаный из

нелегированных сталей, без дополнительной обработки, шириной не менее 600 мм с долей 81,26% и прокат листовой горячекатаный из прочих легированных сталей, без дополнительной обработки, шириной не менее 600 мм с долей 18,33%. Остальные виды проката занимают долю менее 0,41%.



Рисунок 2.3.3.3 – Доли видов проката, которые производятся на рынке листового горячекатаного стального проката январе-феврале 2018 г., %

На территории России выделяются три металлургические базы: Центральная, Уральская, Сибирская. Они различаются масштабами; специализацией и структурой производства; транспортно-географическим положением, обеспеченностью сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами, характером размещения предприятий, уровнем развития концентрации и комбинирования, технико-экономическими показателями и другими признаками.

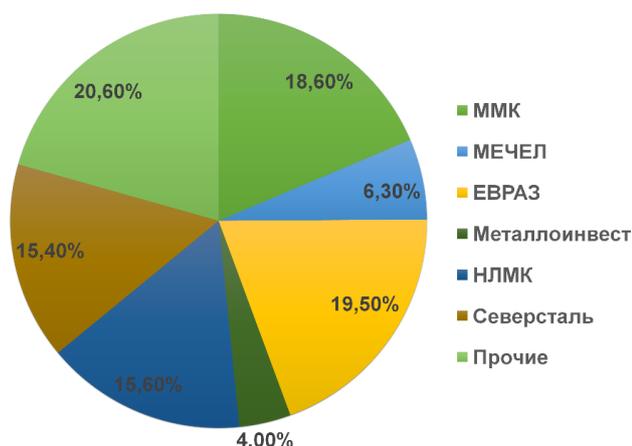


Рисунок 2.3.3.4 – Качественная доля ведущих предприятий РФ в объеме готового проката, произведенного в 2018 г.

Технологический процесс производства горячекатаной листовой продукции может быть представлен единой обобщенной схемой, представленной на рисунке 2.3.3.5.

Предварительная подготовка заготовки

Подготовка исходного сырья (слитков, непрерывно-литой заготовки) преимущественно заключается в удалении поверхностных дефектов.

В отечественной практике горячие слитки зачистке не подвергаются. Холодные слитки и непрерывно-литые заготовки в зависимости от марки стали и назначения подвергаются зачистке следующими способами:

- огневая зачистка;
- лезвийная зачистка (резцовая обдирка, фрезерование, пневматическая вырубка);
- абразивная зачистка;
- электроконтактная зачистка.

Проведение предварительной обработки в виде зачистки проводят для удаления поверхностных дефектов на слитках и заготовке. Указанные дефекты при нагреве и

последующей деформации переходят на готовый прокат, вызывают появление новых дефектов, удаление которых увеличивает объем отделки и потери металла в стружку и обречь.

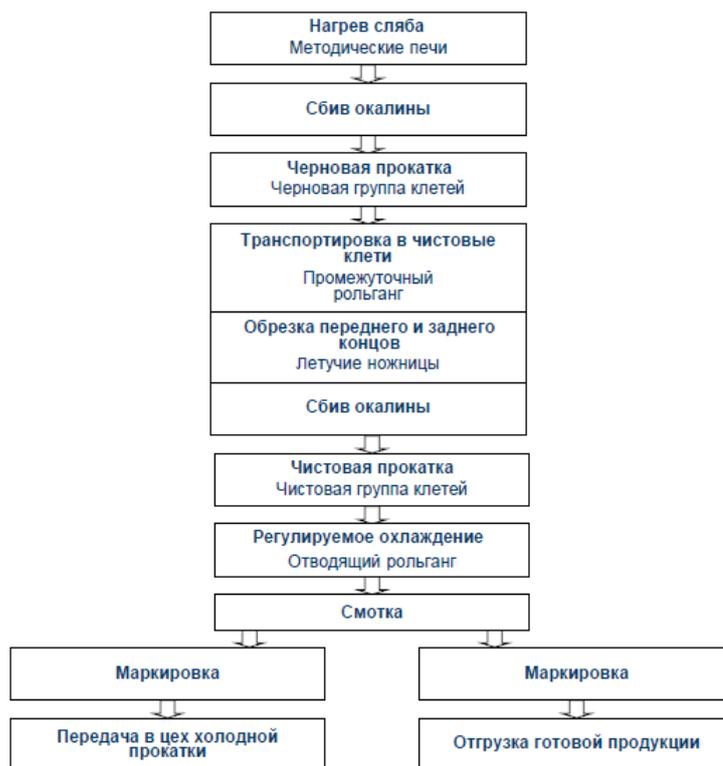


Рисунок 2.3.3.5 – Технологическая схема прокатки

Нагрев заготовки

Нагрев металла производится с целью повышения его пластичности и, соответственно, снижения нагрузок при его деформации.

Режим нагрева перед прокаткой характеризуют температурой нагрева, скоростью нагрева, числом ступеней (зон) нагрева, продолжительностью нагрева.

Нагрев слябов перед прокаткой на толстолистовых и широкополосных станах производится в методических печах.

Общая тепловая мощность современных методических печей для нагрева слябов достигает 250 МВт.

Горячий посад непрерывно-литых и горячекатаных слябов и заготовок в методические печи стана и прямая прокатка являются эффективными мероприятиями, которые обеспечивают снижение расхода топлива на нагрев металла под прокатку.

В общем случае горячим посадом считается посад металла с температурой более 600 °С, теплый - 300-600 °С, холодный - меньше 300 °С. Прокатка металла транзитом от обжимных заготовочных станов или непосредственно от МНЛЗ с небольшим подогревом (или без него) уменьшает расход топлива на 15-60% относительно расхода при холодном посадке. Использование непрерывно-литой заготовки вместо слиткового передела позволяет сократить расход энергоресурсов примерно на 20-40%.

Горячая прокатка металла

Прокатка - процесс пластического деформирования тел на прокатном стане между вращающимися приводными валками (часть валков может быть неприводными). Энергия, необходимая для осуществления деформации, передается через валки, соединенные с двигателем прокатного стана. Как и любой другой способ обработки металлов давлением прокатка служит не только для получения нужной формы изделия, но и для формирования у него определенной структуры и свойств.

Процессы прокатки классифицируют по следующим признакам:

- по температуре проведения процесса прокатку делят на горячую (температура металла при реализации процесса выше температуры рекристаллизации, что составляет около 80% от температуры плавления) и холодную (температура металла ниже температуры рекристаллизации). Также имеет место так называемая тёплая прокатка - обработка в области промежуточных температур;

- по взаимному расположению осей валков и полосы различают продольную (ось прокатываемой полосы перпендикулярна осям валков), поперечную (ось прокатываемой полосы параллельна осям валков) и поперечно-винтовую или «косую» прокатку (оси валков находятся под некоторым углом друг к другу и к оси прокатываемой полосы);

- по характеру воздействия валков на полосу и условиям деформации прокатка бывает симметричной и несимметричной. Симметричной прокаткой называют процесс, при котором воздействие каждого из валков на прокатываемую полосу является идентичным. Если это условие нарушается процесс следует отнести к несимметричному;

- по наличию или отсутствию внешних сил, приложенных к концам полосы, выделяют свободную и несвободную прокатку. Прокатка называется свободной, если на полосу действуют только силы, приложенные со стороны валков. Несвободная прокатка осуществляется с натяжением или подпором концов полосы.

Прокатный стан - комплекс машин и агрегатов, предназначенных для пластической деформации металла в валках, его обработки и транспортирования.

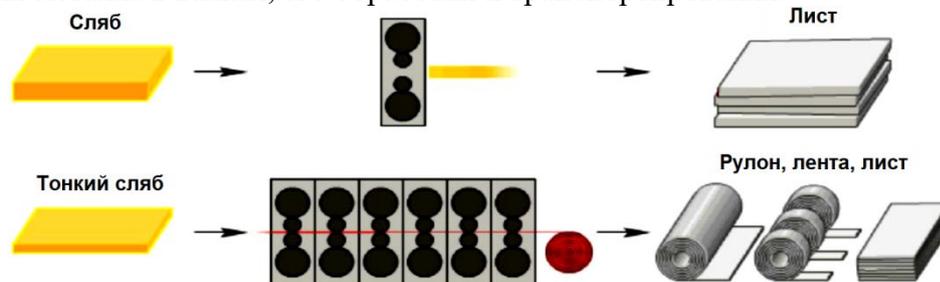


Рисунок 2.3.3.6 – Способы производства горячекатаной продукции

По расположению рабочих клеток различают одноклетевые и многоклетевые станы. Многоклетевые станы, в свою очередь, могут быть:

- последовательные, клетки которых расположены последовательно, а прокатываемая полоса делает только один проход в каждой клетке;
- непрерывные, клетки которых расположены последовательно, а раскат деформируется одновременно в нескольких клетках;
- линейные, у которых оси клеток расположены в одну или несколько параллельных линий, а клетки обычно имеют групповой привод;
- зигзагообразные - многолинейные станы с передачей металла с одной линии прокатки на другую, зигзагом, с помощью косорасположенных роликов рольгангов;
- шахматные, аналогичные зигзагообразным, но с передачей металла шлеперами перпендикулярно оси прокатки.

По режиму работы различают реверсивные и неревверсивные станы.

К широкополосным станам горячей прокатки (ШСГП) относят многоклетевые станы с размещением клеток в черновой и чистовой группах. В черновой группе применяют как неревверсивные, так и реверсивные клетки, расположенные прерывно или непрерывно, а в чистовой группе клетки всегда расположены непрерывно.

Применяются следующие типы ШСГП:

- непрерывные;
- полунепрерывные;
- комбинированные;
- 3/4-непрерывные.

Классический непрерывный ШСГП характерен прерывным расположением клеток черновой группы. Причем расстояние между клетками увеличивается от первой к последней

клетей, чтобы обеспечить условие нахождения раската только в одной клетке. Это обусловлено тем, что в качестве привода в клетях черновой группы применены асинхронные двигатели переменного тока без возможности регулирования скорости прокатки. Перед черновыми клетями с горизонтальными валками установлены вертикальные валки с приводом от двигателей постоянного тока и с возможностью согласования скорости прокатки в них со скоростью прокатки в клетях с горизонтальными валками.

Таблица 2.3.3.1

Параметры валков

№ клетки	Др, мм	Доп, мм	Vпр, м/с	[ε], %	[P], МН	[M], кН/м	
1	1300-1400	1480 -1600	1,0-2,0	25/23	25	5000	
2	1060-1200		1,5	35/30			
3			2,0	45/43			
4			2,5	46/43			
5			3,2	45/43			
6	860 - 900	1500 -1600	1,3-3,2	55/50	30	2300	
7	760 - 820		2,0-5,2	53/45			
8			3,2-6,7	45/42			
9			4,0-9,0	40/37			
10	765 - 820		5,5-13,5	35/30			600
11			7,0-17,0	25/25			
12			8,0-20,0	25/25			

Цель применения клетей с вертикальными валками – снятие уширения, образующегося в горизонтальных валках и проработка металла кромок для предупреждения их разрыва.

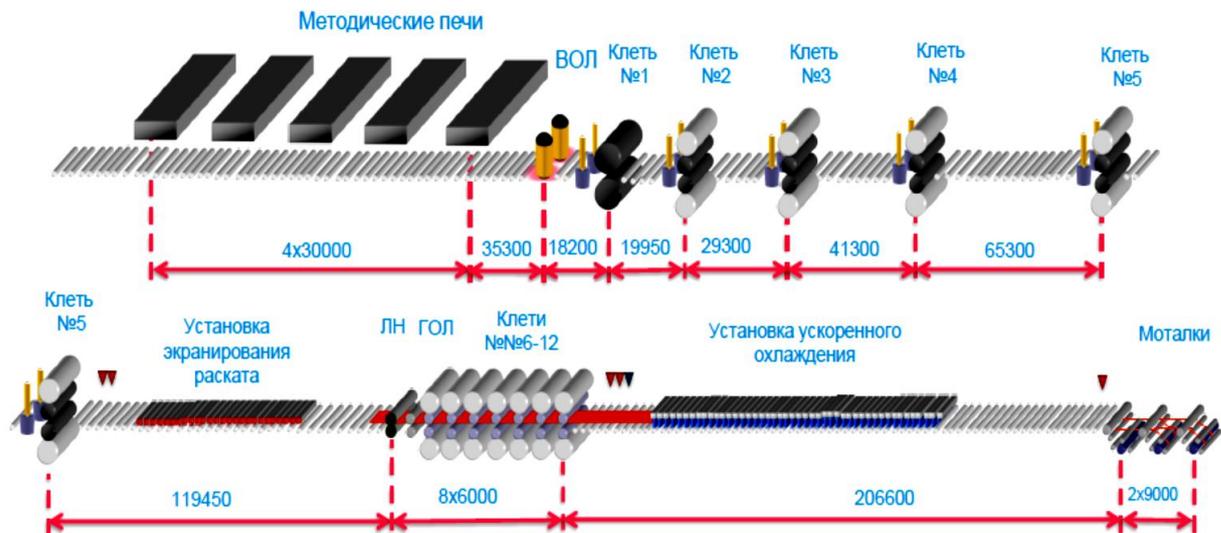


Рисунок 2.3.3.7 – Непрерывный широкополосный стан горячей прокатки 2000 ПАО «НЛМК»: ВОЛ – вертикальный окатиноломатель; ЛН – летучие ножницы; ГОЛ – горизонтальный окатиноломатель

Удаление окалины перед горячей прокаткой

Нагрев металла связан с образованием на его поверхности окалины, которая при последующей горячей деформации вкатывается в поверхность металла с образованием дефектов и ухудшением товарного вида прокатных изделий, что в свою очередь ведет к увеличению трудозатрат и дополнительным материальным потерям на стадии отделки готового проката. Поэтому важно значительную часть окалины отделить от основного металла перед его горячей деформацией.

Удаление окалины перед горячей деформацией листового металла, как правило, не рассматривают как отдельный цикл операций, а относят к циклу операций по деформации металла. Образующуюся в процессе нагрева окалину удаляют мощными струями воды (устройства для гидросбива окалины), механическими скребками, щетками, иглофрезами или механическими окатиноломателями, использующими принцип изгиба металла.

На листовых станах для удаления окалины успешно используют эджерные клетки с вертикально установленными валками. В этих клетях осуществляют небольшую (5-10%) деформацию по ширине сляба, достаточную для разрушения хрупкого поверхностного слоя окалины. После эджерной клетки устанавливают устройство для гидросбива.

Для более тщательного удаления окалины используют установленную после эджерной клетки двухвалковую прокатную клеть с горизонтальными валками, такую как клеть-окалиноломатель. Эта клеть является черновой, но в первом проходе в этой клетке устанавливают небольшую (до 5%) величину деформации, которая, с одной стороны, способствует разрушению слоя окалины, с другой стороны, исключает вкатывание частиц окалины в поверхностный слой металла.

Для повышения эффективности работы обжимной клетки в режиме окалиноломателя применяют верхний валок с рифленой поверхностью. Лунки глубиной до 5 мм, длиной 40 мм и шириной 30 мм наносят на поверхность валка в шахматном порядке, а надежное удаление окалины обеспечивают с помощью гидросбива высокого давления (свыше 12 МПа) коллекторами, установленными с каждой стороны клетки.



Рисунок 2.3.3.8 – Удаление окалины в гидросбиве на входе в черновую и чистовую клетки

Горячая прокатка слитков

Горячая прокатка слитков производится на обжимных станах, которые предназначены для получения полупродукта в виде заготовок прямоугольного сечения, которые имеют размеры: толщину 100-250 мм, ширину 600-1500 мм и длину 1,3-5 м.

Преимущественно используют двухвалковые обжимные станы для получения слябов (слябнинги), которые делят на большие (диаметр валков 1250-1500 мм), средние (1000-1200 мм) и малые (800-950 мм). Станы имеют реверсивный режим работы, большой подъем верхнего валка, возможность корректировки обжатия металла и скоростей прокатки в каждом проходе. Очень часто слябнинги комплектуют дополнительными вертикальными валками для обжатия боковых сторон прямоугольного сечения сляба. Каждый валок обжимного стана снабжен индивидуальным приводом от электродвигателя постоянного тока. С передней стороны рабочей клетки расположен кантователь, а манипулятор - с обеих ее сторон.

С использованием системы слиткоподачи (кольцевая или челночная) нагретые слитки подают от колодцев к приемному рольгангу обжимного стана. Далее слиток сталкивают со слитковоза стационарным сталкивателем, осуществляют поворот слитка на 180° (для правильной задачи в валки стана). Прокатка осуществляется в нечетное число проходов. Полученный раскат в виде сляба зачищается в потоке с использованием машины огневой зачистки и поступает на адьюстаж.

Промежуточный рольганг. Летучие ножницы

Промежуточный рольганг должен обеспечивать полное размещение подката, выходящего из черновой группы клетей, то есть, «развязать» черновую и чистовую группы клетей, поскольку скорость выхода подката из последней клетки черновой группы составляет 2-5 м/с, а входа в первую клеть чистовой группы – 0,8-1,2 м/с.

Далее следуют летучие ножницы, в которых обрезают передние и задние концы подката (при необходимости) и делают аварийный рез при «забурировании» полосы в чистовой группе клетей или на отводящем рольганге и моталках.

Горячая прокатка листа

Размерный сортамент горячекатаного листа включает: толстый лист толщиной 4-50 мм, плиты толщиной 50-160 мм, тонкий лист толщиной 0,8-3,9 мм и шириной до 4800 мм и ленту - листовую сталь шириной менее 500 мм.

Листовой прокат может быть получен как в виде отдельных листов, так и виде широких полос, которые сворачивают в рулоны. Затем посредством резки (продольной и поперечной) из рулонного металла может быть изготовлен прокат в виде листов.

Марочный сортамент сталей, применяемых для производства горячекатаного листового проката, включает низкоуглеродистые стали, конструкционные, низко- и высоколегированные, инструментальные стали и стали со специальными физическими свойствами.

В настоящее время основной заготовкой при производстве горячекатаного листа являются непрерывно-литые слябы шириной 1250-2600 мм.

Прокатка толстых листов непосредственно из слитков сохранилась только на старых станах или при производстве плит. Листовой горячекатаный прокат производится на толстолистовых станах, полунепрерывных, непрерывных широкополосных станах (около 75% всего объема горячего листа) и полосовых станах с печными моталками.

Листовой прокат с шириной более 2300 мм прокатывают только на толстолистовых станах. В сортаменте толстолистовых станов примерно 80% составляют листы толщиной 8-15 мм, причем около 60% всего объема продукции этих станов приходится на долю листов шириной 1500-2000 мм.

В настоящее время наиболее эффективным способом производства горячекатаных листов и полос является прокатка на непрерывных и полунепрерывных станах. На этих станах прокатывается также подкат для станов холодной прокатки. Современные широкополосные станы горячей прокатки рассчитаны на прокатку полос широкого сортамента (толщина от 0,8-1,2 до 16-25 мм, ширина 600-2350 мм). Масса прокатываемых слябов - до 45 т, производительность - 6-7 млн т/г.

В сортаменте широкополосных станов полосы толщиной до 3,9 мм составляют больше половины всего объема производства. Выпуск проката толщиной 4-7 мм и 8-15 мм примерно одинаков. Полосы шириной до 1500 мм составляют примерно 70% всей продукции широкополосных станов.

Конструкции чистовой клетки прокатных станов

Чистовая клеть прокатного стана – клеть, в которой осуществляют заключительную стадию прокатки.

Прокатные станы, имеют в своем составе следующие виды клетей (рис. 2.3.3.9):

- двухвалковые – «дуо» (а);
- трехвалковые – «трио» (б);
- четырехвалковые – «кварто» (в);

- шестивалковые (г, д);
- двенадцативалковые (е);
- двадцативалковые (ж);
- клетки с многовалковыми калибрами для производства балок (з);
- универсальные (и);
- клетки с многовалковыми калибрами для производства катанки, труб и фасонных профилей (к, л).

При производстве труб и специальных видов проката широко используются клетки поперечно-винтовой прокатки и клетки специальных конструкций (прокатка колес, бандажей, винтов, шестерен и пр.).

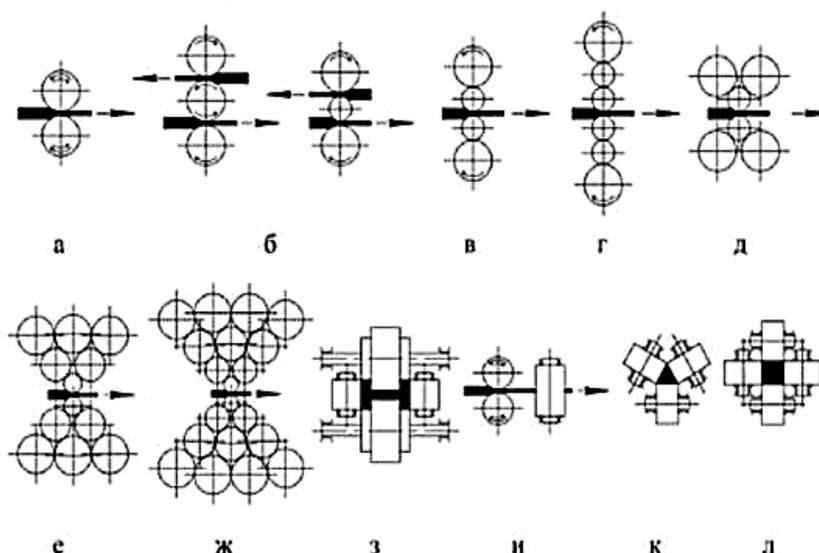


Рисунок 2.3.3.9 – Виды клеток

Физико-механические процессы формирования поверхности валков прокатных станов

Главная операция в процессе прокатки производится валками стана, осуществляющими деформацию металла в результате обжатия. При этом достигаются определенные размеры и поперечный профиль. Валки при вращении берут на себя усилие, имеющее место в процессе работы прокатной линии, и передающееся на составные элементы прокатной клетки стана.

Тремя главными компонентами валка прокатной клетки являются (см. рис. 2.3.3.10):

- 1 - бочка валка. Она контактирует в процессе прокатки непосредственно с подвергаемым деформации металлом;
- 2 - опорная часть (шейка). Располагаются с одной и другой стороны бочки, опираясь на подшипники валка;
- 3 - приводной конец валка.

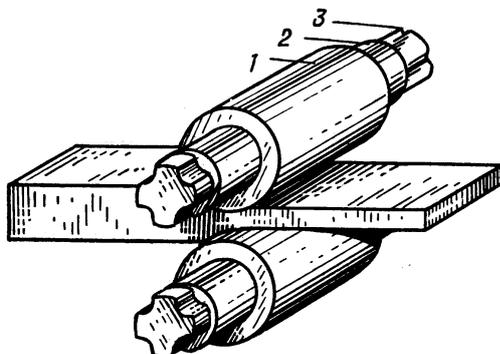


Рисунок 2.3.3.10 – Валок

Среди прокатных валков имеются листовые и сортовые. Листовые осуществляют процессы листопрокатки, прокатки полос, ленты. Эти валки ещё называют гладкими, бочка

у них в форме цилиндра. Сортовые прокатные валки применяют для прокатывания фасонного материала, имеющего сечение круглое и квадратное, прокатки рельсов, балок двутавровых).

При шлифовке бочки валка в вальцешлифовальной мастерской (для горячей прокатки тонколистового материала) ей придают вогнутый профиль. Металл при прокатке разогревается, разогревается и центральная часть валков. Бочка их становится при разогреве цилиндрической, и при прокатке получают равномерную толщину по всей ширине обрабатываемого материала. Для холодной же прокатки тонколистового проката бочку валков шлифуют несколько выпуклой. Во время прокатки средняя часть валков сильно изгибается в сравнении с кромками валков, образующая валка также становится цилиндрической. Прокатываемый материал приобретает правильные размеры в своей геометрии по всей ширине.

На сортовых валках прокатных линий, предназначенных для сортового материала, прокатывают заготовки и сортовой профильный прокат.

На бочке у таких валков имеются так называемые рифы (углубления). Они как бы повторяют профиль прокатываемого металла. У этих углублений есть определение, их называют «ручьи». Ручьи двух валков с промежутками между ними называют калибрами. Сами валки определяют как ручьевые (калиброванные).

Длина бочки листового валка на стане листового проката определяется, прежде всего, максимальным значением ширины прокатываемого материала (листа, полосы).

Длина бочки сортового валка, на котором прокатывают материал на обжимных и сортовых линиях прокатки, зависит от условий калибровки, от ширины раскатываемого материала.

Важным соотношением валков прокатной линии является отношение длины бочки L к ее диаметру D . При выборе рациональных отношений L/D стремятся к получению высокой прочности валков при их минимальной упругой деформации.

Для различных станов прокатки установлены следующие отношения длины бочки и диаметра (L/D):

- станы обжимные 2,2-2,7;
- сортовые станы прокатки 1,6-2,5;
- толстолистовые станы прокатки 2,0-2,8;
- четырехвалковые станы: 3-5 (для рабочих валков); 0,9-2,5 (для опорных валков).

Длину шейки валка обычно выбирают равной диаметру валка. Диаметры шеек валков с подшипниками качения и скольжения (закрытый тип) принимают с учетом конструкции. А для валков в первом случае, с подшипниками качения, диаметр определяют, учитывая размеры самих подшипников.

По качеству материала валки бывают из: мягких; полутвердых; твердых; сверхтвердых сортов.

Мягкие валки с твердостью ниже HB 270. Их применяют на обжимных станах, в обжимных клетях, иногда в черновых клетях сортовых прокатных линий. Их изготавливают из ковanej и литой стали. Для повышения стойкости рабочие поверхности мягких валков обычно подвергают наплавке высокопрочными материалами (3Х2BS, 18ГСЛ и др.).

Для черновых клетей при небольших нагрузках мягкие валки могут быть изготовлены чугунами с перлитно-графитным рабочим слоем.

Полутвердые валки, твердость которых HB 270-420, применяются в чистовых, предчистовых и черновых клетях линий сортового проката. Это основной тип валков для рельсобалочных и крупносортовых прокатных линий.

Кроме того, полутвердые валки применяют довольно широко в среднесортных и черновых клетях прокатных линий мелкосортного и проволочного проката. Их изготавливают из половинчатого чугуна, а также из заэвтектоидной стали.

Твердые валки (твердостью HB 420-600) применяют на чистовых и черновых клетях проволочных, мелкосортных станов. Изготавливаются они из отбеленного чугуна, однослойными и двухслойными.

Сверхтвердые валки (твердостью по Шору более 100 единиц) изготавливают из металлокерамических сплавов. Основа - карбид вольфрама. Стойкость валков с такой основой в несколько десятков раз выше стойкости валков из чугуна (отбеленного).

В процессе прокатки профили сортовых прокатных валков изнашиваются. При выработке (износе) профилей валков нарушается рассчитанный для прокатки режим обжаривания, а, следовательно, страдает качество поверхности проката. Поэтому выработанные валки подвергают переточке на вальцешлифовальных станках. Число переточек сортовых валков зависит от типа стана, качества валков, условий режимов эксплуатации и колеблется в пределах (от 3-4 до 8-9 раз и более). В результате многократных перешлифовок валков их исходный (максимальный) диаметр D_{max} становится меньше.

При прокатывании листов создаются большие усилия, значительные термические воздействия на валки. Поэтому для таких условий прокатывания и требования к качеству прокатных валков выше: по механическим свойствам; структуре; стойкости к износам; качеству поверхности; твердости.

Чем выше стойкость валков, тем меньше простоев при перевалке валков, выше производительность и меньше расход валков, следовательно, лучше технико-экономические характеристики производства.

Широкий сортамент листов (относительно толщины и ширины), огромное число листовых станов, отличающихся по расположению, числу и исполнению рабочих клеток, предопределяют большое число размеров валков, жесткие требования к их качеству. На основании выше названных характеристик, прокатные валки для листовых станов изготавливают стальными или чугунными.

Для каждого сорта стали и валков каждого размера стандартом предусмотрены соответствующие виды термообработки. Валки из чугуна для линий горячекатаных полос и листов изготавливают литыми:

- из чугуна нелегированного с пластинчатым графитом;
- из легированного с шаровидным графитом;
- из легированного с пластинчатым графитом.

Твердость поверхности бочек валков, глубина слоя (рабочего) из отбеленного чугуна, химический состав являются главными показателями качества чугунных валков, определяющими эксплуатационную стойкость валков в работе.

Приводными валками обычно делают рабочий валок. В клетях, где отношение длины бочки к диаметру валка равно или больше 5:1, и прокатывается очень тонкая лента из легированной стали, на многовалковых агрегатах приводными выполняются опорные валки.

В рабочих валках (при диаметре бочки более 160 мм) делают сквозные пазы по оси, так называемые осевые каналы. В валках больших размеров эти каналы в области бочки переходят в более широкие камеры. Камеры имеют диаметр, превышающий в значительной степени диаметр входных отверстий.

Осевые каналы способствуют охлаждению центра валка в момент его закалки. Такое дополнительное охлаждение рабочего валка в процессе функционирования линии создаёт стабильный термальный режим, повышая, таким образом, стойкость валка.

Опорные валки могут быть цельноковаными, литыми, бандажированными. К качеству подготовки опорного валка предъявляются особо жесткие требования. Возникающее при работе биение бочки опорного валка относительно шеек ведёт к разнотолщинности прокатываемой полосы. Максимально допустимое биение бочки валка диаметром 1500 мм будет равно 0,03 мм.

Важнейшими признаками для сталей, идущих на производство валков, считаются твердость и прокаливаемость. Рабочие валки многовалковых прокатных линий производят

из сталей 9Х и 9Х2. За границей для этого служат инструментальные, среднелегированные и быстрорежущие стали. Твёрдость рабочей поверхности в состоянии после термообработки достигает HRC 61-66.

Изготовление валков из твердых сплавов основано на горячем прессовании или спекании пластифицированных заготовок. Количество кобальтового порошка принимается, равным 8-15% (остальной компонент – карбид вольфрама).

Основным недостатком металлокерамических валков является повышенная хрупкость, что исключает возможность эксплуатации их при толчках, ударах, больших прогибах. При завалке их в клеть необходимо полностью устранить перекосы, влияющие на качество прокатываемого материала. Опорные валки для линий холодной прокатки обычно изготовлены из сталей марок 9Х2, 9ХФ, 75ХМ, 65ХНМ. В последнее время сталь марки 75ХМ для цельнокованных опорных валков наиболее широко применяется.

Марки сталей 40ХНМА, 55Х, 50ХГ и стали 70 идут на изготовление осей составных (бандажированных) опорных валков (малых и средних). Для изготовления осей крупных опорных валков тяжело нагруженных станов применяют стали марок 45ХНВ и 45ХНМ.

Стали 9Х, 9ХФ, 75ХН, 9Х2, 9Х2Ф и 9Х2В используются для изготовления бандажей составных опорных валков. Твёрдость поверхности бандажа после конечной термообработки 60-85 единиц по Шору.

Целесообразно применение литых опорных валков, они дешевле кованных, обладают значительно большей износостойкостью. Крупные литые опорные валки изготавливают из хромоникельмолибденовых и хромомарганцево-молибденовых сталей. Например, изготавливают опорные валки из стали типа 65ХНМЛ. Они после термообработки имеют твёрдость 45-60 ед. по Шору.

Опорные валки многовалковых станов изготавливают из инструментальной стали. В ней содержится 1,5% С и 12% Сг. Твёрдость их после термообработки составляет HRC 56-62.

В производстве валков особое внимание уделяется контролю качества на стадии литья материала и качества готового изделия, в том числе осуществляется контроль:

- химического состава исходного материала;
- анализ структуры материала валка;
- анализ геометрических размеров и центричности;
- контроль твердости рабочей поверхности;
- контроль шероховатости рабочей поверхности;
- структура металла в поверхностном слое.

Термомеханические процессы, приводящие к износу валков

Износ - качественные и количественные изменения поверхности тела, вызываемые физическими и химическими процессами, а также механическими воздействиями одного тела на другое. При обработке металлов давлением обычно происходят износ, смятие и окисление рабочей поверхности инструмента. Смятием называется пластическая деформация твердого тела, при которой изменяются его размеры, но не происходит уменьшения массы тела.

Различают:

- абсолютный износ - количество удаленной при износе массы вещества;
- изнашиваемость - отношение удаленной массы к затраченной на удаление работе;
- износостойкость - величина, обратная изнашиваемости.

Для оценки величины износа можно руководствоваться «абсолютным износом» и «неравномерностью износа».

Под абсолютным износом, или просто износом, подразумевают изменение размеров калибра. Неравномерностью износа называется неравномерное по периметру уменьшение размеров калибра, которое не может быть исправлено настройкой стана и может быть определено, если наименее изнашиваемую точку, калибра принять за нулевую.

Абсолютный износ зависит в первую очередь от температурных и механических условий процесса прокатки.

Как показывает опыт, температура поверхности валка вне зоны деформации выше температуры окружающей среды не более, чем на 50°. В очаге деформации температура поверхностного слоя валка близка к температуре прокатываемого металла.

В результате попеременного нагрева и охлаждения на поверхности валка появляется сетка трещин. В трещинах происходит интенсивное окисление металла, что способствует дальнейшему их развитию. Могут иметь место и процессы расклинивания оснований крупных трещин и микрощелей на поверхности адсорбированными из окружающей среды поверхностно-активными веществами.

Срок службы профилей значительно повышается при надлежащем охлаждении валков водой путем обильной ее подачи со стороны выхода полосы и предохранении валков от поступления охлаждающей воды в калибр вместе с прокатываемой полосой со стороны входа. Вода, попадая в валки вместе с прокатываемой полосой, превращается в пар и способствует износу и разрушению поверхностного слоя валков.

При окислении поверхности валка повышается коэффициент трения и увеличивается износ. Этим объясняется то, что трущиеся поверхности сильно изнашиваются на воздухе и не изнашиваются в нейтральном газе. С другой стороны, окисление может оказаться и положительным фактором, если способствует образованию порошкообразных продуктов износа.

На износ профиля валка влияет и химический состав прокатываемой стали.

В процессе работы отдельные части профиля изнашиваются равномерно в результате различной работы сил трения в разных его частях. Это связано с неравномерным скольжением металла по поверхности валков, что объясняется переменной величиной катающих радиусов.

На стойкости профилей валков отрицательно сказывается прокатка при низких температурах. Так как при прокатке некоторые части профиля имеют более низкую температуру по сравнению с другими частями (края полосы), то профиль вследствие этого также изнашивается неравномерно.

Методы контроля состояния валков стана горячего проката и их автоматизация

Важнейшей задачей является обеспечение нормируемых показателей качества валков, в частности высокой износостойкости их рабочей поверхности. Для диагностики технического состояния валков прокатных станов в настоящее время используют различные методы, обладающие как достоинствами, так и недостатками.

Поверхностные дефекты на рабочих валках недопустимы, так как они дают отпечатки на прокатываемой поверхности; кроме того, поверхностные дефекты, развиваясь вглубь, способствуют разрушению валков. Состояние поверхности валка, ее гладкость, отсутствие видимых повреждений может быть проконтролировано визуально. Внутренние дефекты, незаметные глазу, которые также снижают прочность валков и приводят к браку обнаружить гораздо сложнее. Основной причиной выхода рабочих валков из строя является отслоение и выкрошка (96%). Такого рода брак возникает из-за микротрещин, образующихся вдоль границы между закаленной поверхностью и мягкой сердцевиной валка.

Для контроля подповерхностных слоев валка применяются методы неразрушающего контроля: ультразвуковой, вихретоковый, метод магнитной структуроскопии и томографии.

Применение методов статистического анализа и математического моделирования для анализа состояния валка

Вышеперечисленные методы позволяют получить первичные данные о состоянии поверхности валка прокатного стана, однако для принятия правильного решения эти данные нуждаются в правильной интерпретации.

Возможность верной интерпретации данных определяется опытом человека-дефектоскописта, следовательно, требует его непосредственного участия в процессе. Для автоматизации процесса оценки состояния валков прокатного стана возможно применение методов статистического анализа и математического моделирования, позволяющих использовать для оценки состояния и предсказания дальнейшего поведения валка статистические данные, накопленные в процессе работы.

Под методами статистического анализа и математического моделирования чаще всего понимается некоторый вычислительный алгоритм, реализуемый на компьютерах и упрощенно имитирующий функционирование объектов.

Выделим характерные черты методов статистического анализа и математического моделирования как универсального инструмента для решения задач:

- нелинейной аппроксимации многомерных функций;
- прогнозирования во времени для процессов, зависящих от многих переменных;
- поиска закономерностей в массивах данных.

Статистический анализ подразделяется на три последовательные стадии:

- статистическое наблюдение, т.е. сбор первичного статистического материала;
- сводку и разработку результатов наблюдений, т.е. их обработку;
- анализ полученных сводных материалов.

На каждой из этих стадий применяются специфические методы, образующие статистическую методологию и обусловленные спецификой предмета статистики.

Метод массовых наблюдений. Поскольку статистика изучает закономерности, проявляющиеся в массовых явлениях под действием закона больших чисел, то на первой стадии статистического исследования должно быть обеспечено массовое наблюдение, т.е. сбор большого числа отдельных единичных фактов и индивидуальных значений, присущих ему признаков.

Метод группировок. На второй стадии статистического исследования собранные факты подвергаются систематизации и подсчету или сводке. Их делят по признакам различия и объединяют по признакам сходства, иными словами осуществляют группировки. С помощью метода группировок статистики делят изучаемые явления на важнейшие виды, характерные группы и подгруппы по изучаемым признакам.

Методы анализа с помощью обобщающих показателей. На третьей стадии статистического исследования анализируется сводный материал, проявление закономерностей и связей в изучаемых фактах, характеристика типичных их черт. На этой стадии рассчитываются обобщающие показатели (суммарные, относительные и средние величины, статистические коэффициенты).

Задание

1. Провести объединение, фильтрацию и приведение к единому формату необработанных данных по износу валков чистовых клетей стана горячего проката листовой стали.

2. Используя статистические методы, выявить факторы, влияющие на износ валков.

3. На основе статистических данных и теоретических соображений построить математическую модель износа рабочих валков.

4. Построить методику ценообразования сортамента с учётом износа валков.

5. Оцените влияние предлагаемого решения на энергоэффективность основного технологического процесса. Какие решения (технические, организационные мероприятия) применимы для повышения энергоэффективности основного технологического процесса? Приведите расчет величины достигаемой экономии.

Исходные данные и рекомендации

Исходные данные приведены в файле формата Excel, который содержит следующие вкладки:

- Вкладка «Рулоны» – рулоны, обработанные на стане горячей прокатки за 2018 г:

Марка – наименование марки стали;

Масса – масса прокатанного рулона (т);

Толщина – толщина полосы металла (мм);

Ширина – ширина полосы металла (мм);

Время_обработки – дата и время начала обработки рулона.

- Вкладка «Валки» – рабочие валки чистовых клетей:

материал_валка – наименование материала валка;

номер_валка – учётный номер валка.

- Вкладка «Завалки» – установка валков на стане (I-III кварталы 2018 года):

дата_завалки – дата и время установки валка в стан;

дата_вывалки – дата и время удаления валка из стана;

номер_клетки – номер клетки установки (клетки 8-12);

положение_в_клетки – положение в клетке (верх или низ);

номер_валка – учётный номер валка;

износ – уменьшение диаметра валка при работе и последующей шлифовке.

- Вкладка «Тест» – установка валков в IV квартале 2018, износ не указан.
- Вкладка «Поставщики» – стоимость валков:

материал_валка – наименование материала валка;

удельная_стоимость – стоимость уменьшения диаметра валка (тыс. руб./мм).

Построение прогнозной модели износа валка

Обработка металла на стане горячей прокатки разбита на партии (примерно по 2500 т). После каждой партии стан останавливается, и все валки заменяются. Отработанные валки отправляются на шлифовку для удаления дефектов и приведения поверхности валка к необходимому профилю. После шлифовки валки снова устанавливаются на стан для дальнейшей работы. Валки эксплуатируются до полного износа рабочего слоя. Износ валка определяется как уменьшение диаметра валка при его эксплуатации и последующей шлифовке. Износ может зависеть от типа материала валка, места его установки и от прокатываемого сортамента.

В исходных данных приведён файл Завалки.csv с указанием даты, времени и места установки валков, и соответствующего износа за первые три квартала 2018 года. В файле Тест.csv за четвёртый квартал 2018 указаны только дата, время и место установки валков, но износ не указан. Необходимо спрогнозировать износ валков после каждой партии в четвёртом квартале 2018 года и добавить столбец износ с соответствующими значениями к файлу Тест.csv.

Оценка точности прогноза будет проводиться по среднеквадратичному отклонению прогноза износа от фактического износа по всем партиям и валкам.

Приложение 2.3.3.1



2.4 НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО

2.4.1 Н2017О «Эффективная разработка»

Необходимо проанализировать условия месторождения Северное, подсчитать запасы углеводородов и предложить технико-экономический проект разработки месторождения, обеспечивающий максимальную экономическую эффективность проекта. Оценить объем и привлекательность инвестиций с учетом текущих рыночных тенденций

Нефтяное месторождение «Северное» находится в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Город Радужный соединяется с месторождением автомобильной трассой протяженностью 95 км (рис. 2.4.1.1).

«Северное» было открыто в 1976 году, введено в разработку в 1988 году. По величине извлекаемых запасов месторождение относится к категории крупных и представлено тремя продуктивными залежами.

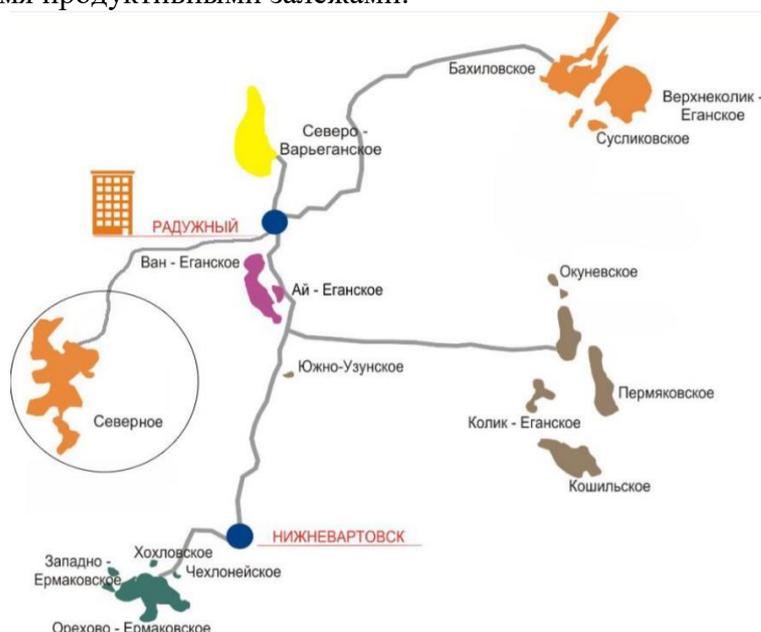


Рисунок 2.4.1.1 – Районная карта местности месторождения «северное»

Более 80% месторождения не разбурено, выработка запасов по основному пласту ЮВ1 возможна только за счет эксплуатационного бурения и вовлечения запасов в активную разработку (табл. 2.4.1.1).

В текущей макроэкономической ситуации проект бурения имеет пограничную эффективность. Для минимизации геологических и финансовых рисков необходима **пошаговая** стратегия разработки месторождения. Сложившаяся ситуация свидетельствует о том, что реализуемый вариант разработки крайне чувствителен к факторам ухудшения добычи нефти и роста капитальных затрат. Пограничная экономика в целом обусловлена осторожными прогнозами уровней добычи и объема капитальных вложений. Необходима постоянная работа по снижению геологических рисков, подготовительных работ.

Таблица 2.4.1.1

Показатели разработки месторождения

Показатель	Ед, изм	Значение
Средний дебит нефти	т/сут	6,8
Жидкости	т/сут	24,8
Обводненность	%	86,0
Годовая добыча за 2016г.	тыс.	109
Накопленная добыча с начала пробной эксплуатации	тыс.	645

Месторождение «Северное» относится к достаточно крупным – 32x38 км. Сложным по геологическому строению: невысокая плотность запасов, высокая изменчивость свойств,

низкая проницаемость (5-9мД). В геологическом разрезе территории месторождения принимают участие породы складчатого палеозойского фундамента и терригенные, песчано-глинистые отложения платформенного мезозойско-кайнозойского чехла. Строение месторождения осложнено многочисленными разломами, разбивающими залежи в верхней юре на ряд блоков. Простираание разломов, в основном, северо-восточное и северо-западное. Объектами разработки являются пласты ЮВ₁₋₁ и ЮВ_{1/2+3}. На месторождении применена 5-точечная система разработки. С учетом геологии отдельных залежей месторождения данная система разработки требует постоянной адаптации: изменения направлений стволов, корректировки коридоров проводки, уточнения количества стадий и объемов МГРП, изменения конструкций нагнетательных скважин (табл. 2).

Дегазированная нефть особо легкая по плотности, незначительной вязкости, малосернистая, малосмолистая, парафинистая. Плотность нефти месторождения составляет 0,809 т/м³. Среднее газосодержание пластов – 215 м³/т.

Таблица 2.4.1.2

Динамика добычи

Год	Добыча нефти, тыс.т	Добыча жидкости, тыс.т	Действующий добывающий фонд скважин на конец года	Действующий нагнетательный фонд скважин на конец года
2010	38,45	38,45	12	0
2011	118,12	516,24	51	25
2012	101,63	501,35	47	21
2013	103,58	364,32	40	21
2014	93,13	315,31	36	15
2015	82	308	40	19
2016	109	289	43	17

Необходимо проанализировать условия месторождения «Северное», подсчитать запасы углеводородов и предложить технико-экономический проект разработки месторождения, обеспечивающий максимальную экономическую эффективность проекта. Оценить объем и привлекательность инвестиций с учетом текущих рыночных тенденций.

Важно понимать, что данный кейс может иметь большое количество альтернативных решений, ни одно из которых не является однозначно правильным или однозначно неправильным.

Задание:

1. Оценить запасы углеводородов;
2. Предложить и обосновать систему разработки месторождения;
3. Предложить технологию добычи углеводородов;
4. Определить объёмы добычи и период разработки месторождения;
5. Обосновать структуру затрат и определить источник инвестиций.

Приложение 2.4.1.1



Приложение 2.4.1.2



Приложение 2.4.1.3



Приложение 2.4.1.4



Приложение 2.4.1.5



Приложение 2.4.1.6



Геолого-физическая характеристика продуктивных пластов

Параметры	Значения	
	ЮВ ₁ ¹	ЮВ ₁ ²⁻³
Средняя глубина залегания, м	2728	2760
Тип коллектора	Гранулярный	
Площадь нефтегазоносности, тыс. м ²	412352	304684
Средняя общая толщина, м	9,4	38,6
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина, м	2,6	8,3
Коэффициент пористости, д. ед	0,161	0,154
Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ, доли ед.	0,657	0,61
Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ, доли ед.	0,625	0,556
Коэффициент нефтенасыщенности пласта, доли ед.	0,645	0,581
Проницаемость, 10 ⁻³ мкм ²	8,7	7
Коэффициент песчанистости, доли ед.	0,46	0,48
Расчлененность, ед.	1,95	8,55
Начальная пластовая температура, °С	83	89
Начальное пластовое давление, МПа	27,1	
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа*с	0,43	
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м ³	0,66	
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м ³	0,809	
Объемный коэффициент нефти, доли ед.	1,535	
Содержание серы в нефти, %	0,11	
Содержание парафина в нефти, %	5,26	
Давление насыщения нефти газом, МПа	19,1	
Газовый фактор, м ³ /т	215	
Содержание сероводорода, %	0,93	
Вязкость воды в пластовых условиях, мПа*с	0,38	
Вязкость воды в поверх. условиях, мПа*с	1,004	
Плотность воды в пластовых условиях, т/м ³	1,018	
Сжимаемость, 1/МПа*10 ⁻⁴		
нефти	21,4	
Воды	4,4	
Породы	8,5	
Коэффициент вытеснения, доли ед	0,458	
Коэффициент продуктивности, (м ³ /сут)/МПа	3,5	0,9

Результаты исследования поверхностных проб нефтей Северного месторождения

Ск в.	Интервал испытания, м	Пласт	Фракционный состав в объёмных, %					Плотность, г/см ³	Кинематическая вязкость, сСТ		Содержание, %				Температура растворимости парафина, °С
			НК	до	до	до	до		200С	500С	Смол	Асфаль- тенов	Серы	Параф- инов	
				150	200	250	300								
1	2	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
76	2662-2667	ЮВ1-1	70	25,0	34,5	43,0	54,0	0,828	5,51	3,00	4,91	0,41	0,15	4,34	53
78	2704-2718	ЮВ1-2+3	84	20,0	30,0	38,0	56,0	0,818	-	2,40	2,40	0,20	0,10	8,81	53
80	2787-2792	ЮВ1-1	79	28,0	42,0	51,0	65,0	0,838	3,86	2,21	3,76	0,15	0,09	2,86	52
	2801-2807	ЮВ1-2+3	85	22,0	31,5	39,5	49,0	0,855	-	4,15	5,49	0,68	0,22	5,14	67
81	2725-2734	ЮВ1-1	32	23,5	33,0	40,5	51,5	0,805	2,93	1,89	2,92	0,43	0,15	3,46	53
83	2741-2746	ЮВ1-1	67	26,0	36,0	45,0	57,0	0,825	4,10	2,45	4,44	0,24	0,09	7,48	49
84	2749-2755	ЮВ1-1	39	20,0	29,0	38,5	48,5	0,789	4,34	2,55	2,53	0,21	0,04	11,34	48
85	2740-2743	ЮВ1-1	43	29,0	40,0	49,0	59,0	0,797	2,71	1,54	4,20	0,16	0,12	4,41	53
	2751-2754	ЮВ1-2+3	65	28,5	40,0	49,0	59,0	0,820	3,54	2,13	2,84	0,22	0,11	4,80	51
87	2646-2652	ЮВ1-1	40	35,0	47,0	56,0	66,0	0,800	2,22	1,44	2,61	0,14	0,10	2,69	53
88	2735-2750	ЮВ1-1	90	16,0	34,0	50,0	63,0	0,835	5,85	2,52	4,51	0,56	0,13	2,58	53
89	2761-2768	ЮВ1-1	96	15,0	25,0	36,0	50,0	0,875	41,68	8,86	4,39	0,41	0,22	3,10	58
	2769-2773	ЮВ1-1	158	-	8,5	24,0	40,0	0,852	9,41	4,23	3,45	0,30	0,32	2,26	55
92	2767-2774	ЮВ1-1	85	27,0	41,0	50,0	62,5	0,825	3,68	2,06	3,23	0,12	0,10	4,42	51
93	2764-2767	ЮВ1-1	44	30,0	41,0	50,0	59,0	0,811	2,61	1,61	3,15	0,19	0,05	4,40	52
	2770-2774	ЮВ1-1	48	37,0	47,0	54,0	65,0	0,799	2,56	1,35	3,80	0,22	0,12	2,21	58
94	2735-2744	ЮВ1-1	63	31,0	40,0	50,0	62,0	0,816	3,36	1,98	2,84	-	0,10	4,82	50
	2766-2782	ЮВ1-2+3	101	4,0	13,0	22,0	36,0	0,850	14,95	4,47	6,13	0,91	0,13	10,90	53
96	2765-2769	ЮВ1-1	76	24,0	34,0	44,0	61,0	0,836	6,53	3,35	6,21	0,59	0,20	5,83	50
97	2610-2617	ЮВ1-1	87	22,0	35,5	45,0	58,0	0,829	4,46	2,42	3,22	0,10	0,05	3,75	52
98	2670-2675	ЮВ1-1	98	16,5	28,5	41,5	55,0	0,848	6,60	3,32	5,26	0,16	0,14	3,00	53
	2689-2695	ЮВ1-2+3	42	22,0	34,0	44,0	53,0	0,816	3,44	2,08	3,45	0,32	0,12	2,00	56
Среднее значение:			73,1	23,8	33,9	43,7	56,0	0,827	6,63	2,80	3,94	0,31	0,13	4,67	53

2.4.2 Н20180 АР «Эффективная разработка»

Необходимо проанализировать условия в районе расположения месторождения «Снежное», с учетом которых необходимо определить и обосновать оптимальный подход к обустройству и разработке месторождения, добыче нефти и газа

Месторождение углеводородов «Снежное» расположено в юго-восточном районе Печорского моря на Арктическом. Расстояние от берега порядка 10-20 км., а глубины моря на данном участке составляют от 14 до 22 м (рис. 1). Полярная ночь продолжается с конца ноября до середины января, а день - с середины мая до конца июля. Самая низкая температура зимой (февраль) -48°C . Самая высокая температура летом (июнь) $+29^{\circ}\text{C}$. Наибольшие скорости и максимальные порывы ветра самых высоких значений достигают в осенне-зимний период. В зимние месяцы скорость ветра 15 м/с и выше, что составляет около 10% от среднегодового значения. В летние месяцы наиболее вероятны ветры со скоростью 5-6 м/с.

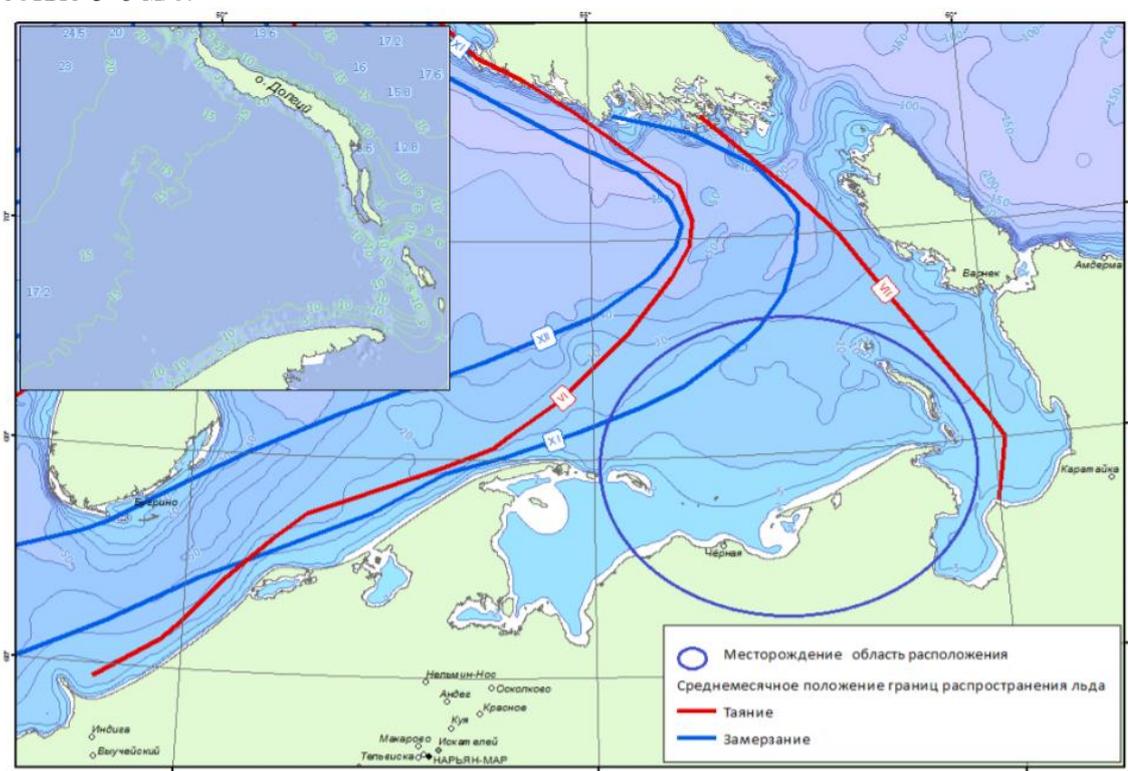


Рисунок 2.4.2.1 – Карта расположения месторождения «Снежное»

Рельеф прибрежной суши представлены эолово-морской (высотой до 10-12 м) и аллювиально-озерно-морской (высотой до 3,0-3,5 м) террасами (QIV). Техногенные нарушения приводят к активизации разрушительных береговых процессов, которые могут серьезно осложнить условия промышленного освоения береговой зоны.

Ближайший населенный пункт – поселок Снежинск насчитывает около 2,5 тыс. жителей расположен на берегу в 30-40 км от перспективного места размещения платформы. При населенном пункте имеется аэропорт, способный принимать самолёты третьего класса (Ан-24, Ан-26, Л-410, Як-40 и им подобные) и др. типы воздушных судов 3-4 класса, вертолёты всех типов. Максимальный взлётный вес воздушного судна 25 тонн. Классификационное число взлетно-посадочных полос (PCN) 18/F/D/Y/T. Другой более крупный аэропорт находится в 330 км от населенного пункта Снежинск. Аэродром относится ко второму классу и способен принимать самолеты типа Ан-12/24/26, Ту-134, Як-40/42, Boeing-737 и вертолеты всех типов. В зимнее время может принимать самолеты Ил76. При населенном пункте Снежинск имеется морской порт с ежегодным грузооборотом порядка 4 млн. тонн. Навигация в порту длится с 1-го июня по 30 ноября. Порт не имеет связи с железнодорожной сетью России (ближайшая ж/д станция располагается в 360 км южнее населенного пункта Снежинск). Незамерзающий порт

Мурманск находится в 1000 км от месторождения «Снежное». Какая-либо инфраструктура по транспорту и переработки нефти/газа в районе поселка Снежинск отсутствует.

Шельф Печорского моря в районе месторождения в геологическом отношении является северным продолжением Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП). Нефтегазоносность в Тимано-Печорской провинции установлена практически по всей площади и по всему разрезу осадочного чехла – от ордовикских до мезозойских отложений включительно. Промышленно нефтегазоносные горизонты приурочены к среднеордовиксконижнедевонскому, преимущественно карбонатному комплексу; среднедевонскомунижнефранскому, преимущественно терригенному; доманиково-турнейскому карбонатному; нижнекаменноугольному (нижневизейскому) терригенному; верхневизейско-нижнепермскому карбонатному; нижнепермскому терригенному; верхнепермскому терригенному; триасовому терригенному нефтегазоносным комплексам (НГК).

Таблица 2.4.1

Текущее состояние изученности месторождения

Параметр	Состояние	
Сейсмика	2Д (1606п.км); 3Д (775кв.км).	
Пробурено	4 поисково-разведочные скважины	
Отбор керна	4 скважины (вынос составляет 92%, освещенность толщины коллектора составляет 48%)	
Пробы пластовой нефти	Глубинные	2
	Устьевые пробы нефти	27

Метеорологические наблюдения выполнялись на океанографических станциях и включали в себя наблюдения за температурой воздуха, атмосферным давлением, направлением и скоростью ветра, направлением и высотой ветрового волнения, количеством и формами облачности, видимостью и состоянием погоды.

Торосистость Печорского моря является одной из важнейших характеристик ледяного покрова. Под торосистостью понимается отношение площади торосистого льда к общей площади зоны, в которой производится оценка степени покрытия льда торосами. Исследованные торосы достаточно мощные, средняя высота паруса составляет 2.4 м (макс 6.7 м), а средняя глубина киля – 7.7 м (макс 13.6 м). Средняя длина гряды торосов составляет 46 м, максимальная – 200 м. Основной сложностью ледового режима в данном районе являются стамухи – торосистые ледяные образования, сидящие на мели. Они могут формироваться зимой как в виде одиночных ледяных образований, так и в виде групп или скоплений.

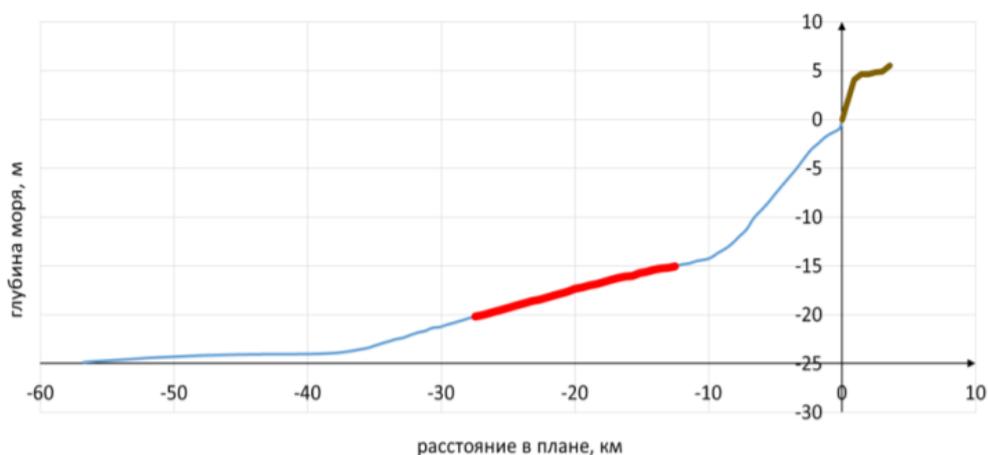


Рисунок 2.4.2.2 – Профиль усредненного планового положения с выходом на берег, км. (Красным показан район расположения месторождения Снежного)

Задание

1. Проанализировать географические, климатические, геологические, инфраструктурные исходные данные;
2. Оценить запасы углеводородов и предложить эффективную систему разработки и технологию добычи нефти и газа;
3. Обосновать схему разбуривания месторождения - темпы бурения, отходы. Обосновать варианты заканчивания скважин;
4. Выполнить расчёты профилей добычи по всем выбранным объектам разработки с обоснованием стартовых дебитов, темпов падения, темпов отбора, системы поддержания давления;
5. Определить факторы, влияющие на обустройство и предложить эффективную технологию сбора и транспортировки добытых углеводородов;
6. Привести план-график реализации предлагаемых мероприятий, структуру затрат (капитальных и операционных, с обоснованием), объем инвестиций, и предложить источники финансирования;
7. Оценить КПЭ проекта (NPV, IRR, DPP, DPI).

Приложение 2.4.2.1



Приложение 2.4.2.2



Приложение 2.4.2.1.3



Приложение 2.4.2.4



Приложение 2.4.2.5



Приложение 2.4.2.6



Приложение 2.4.2.7



Приложение 2.4.2.8



Геолого-физическая характеристика продуктивных пластов

	Эксплуатационный объект				
	Пласты пермо-карбонатного возраста			Пласт верхнего девона	Пласты нижнего девона
	В том числе по горизонтам				
	P1-C _{2m}	C2b	C1sv	D _{3f3}	D ₁
Средняя глубина залежи, м	Пластовая, массивная, тектонически и литологически экранированная	Пластовая, массивная, тектонически и литологически экранированная	Пластовая, массивная, тектонически экранированная	Пластовая, массивная, тектонически экранированная	Пластово-сводовая, тектонически экранированная
Тип коллектора	Каверно-трещинный, смешанный	Каверно-трещинный, смешанный	Каверно-трещинный, смешанный	Каверно-трещинный, смешанный	Каверно-трещинный
Площадь нефтеносности, тыс. м ²	49316	49180	60353	24008	20879
Средняя общая толщина, м	59,3	34,2	87,6	104,6	20
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	36,2	31,1	40,3	25,1	14,4
Пористость, д.ед	0,095	0,093	0,097	0,075	0,04
Средняя начальная нефтенасыщенность, д.ед	0,897	0,834	0,844	0,749	0,778
Проницаемость, мкм ²	0,064	0,064	0,064	0,06	0,232
Доля коллектора, д. ед.	0,61	0,91	0,46	0,24	0,72
Расчлененность, ед	8,33	3,33	11	17,33	2,5
Пластовая температура, °С	30,3	31	35	56	71
Пластовое давление, МПа	13,6	13,8	15,2	25,4	45,7
Вязкость нефти в пл. усл, мПа*с	45	45	45	5	0,62
Плотность нефти в пл. условиях, т/м ³	0,92	0,92	0,92	–	0,666
Плотность нефти в ст. условиях, т/м ³	0,932	0,932	0,932	0,851	0,805
Объёмный коэффициент нефти, д. ед.	1,032	1,032	1,032	1,136	1,468
Давление насыщения нефти, МПа	5,65	5,65	5,65	7,0	21,05
Газосодержание нефти, м ³ /м ³	18,8	18,8	18,8	80	182,5
Вязкость воды в пл. усл., мПа*с	0,738	0,738	0,738	0,738	0,738
Плотность воды в пл. усл., т/м ³	1,033	1,033	1,033	1,033	1,033
Плотность воды в ст. усл., т/м ³	1,041	1,041	1,041	1,041	1,041
Коэф. Сжимаемости 1/МПа*10 ⁻⁴ нефти	65,8	65,8	65,8		266,8

	Эксплуатационный объект				
	Пласты пермо-карбонатного возраста			Пласт верхнего девона	Пласты нижнего девона
	В том числе по горизонтам				
	P1-C _{2m}	C2b	C1sv	D _{3f3}	D ₁
Воды	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3
породы	6,6	6,4	6,8	11,8	5
Кэф. вытеснения нефти: кавер. тип коллектора	0,645	0,645	0,645	0,597	0,747
Смеш. тип коллектора	0,599	0,599	0,599	0,603	-
В среднем	0,616	0,616	0,616	0,599	0,747

2.5 НЕФТЕХИМИЯ

2.5.1 НХ20180 «Тобольский нефтехимический кластер: новая формула интеграции и создания ценности»

Рассматриваемый в кейсе производственный проект является наиболее масштабным, впервые реализуемым в новейшей истории России проектом глубокой переработки побочных продуктов нефтегазодобычи Западной Сибири. Комплекс предполагает использование новейших передовых технологий в области переработки углеводородного сырья и производственной логистики. Новая форма технологической и процессной интеграции, использование передовых технологических схем и систем мониторинга энергоэффективных практик подразумевает в перспективе переход на 5-летний межремонтный режим функционирования нефтегазохимического производственного комплекса.

Структура проекта «ЗапСибНефтехим»

Проект «ЗапСибНефтехим» компании СИБУР является ключевым этапом развития Западно-Сибирского нефтехимического кластера, утвержденного Планом развития газо- и нефтехимии России на период до 2030 года. Реализация проекта «ЗапСибНефтехим» предполагает создание крупнейшего нефтегазохимического комплекса в современной России. Базовой площадкой выступила территория Тобольской промышленной зоны, расположенная в 10 км от г. Тобольска Тюменской области.

Производственный комплекс «ЗапСибНефтехим» предусматривает развитие глубокой переработки значительных объемов побочных продуктов нефтегазодобычи Западной Сибири), и импортозамещение наиболее востребованных на российском рынке полимеров.

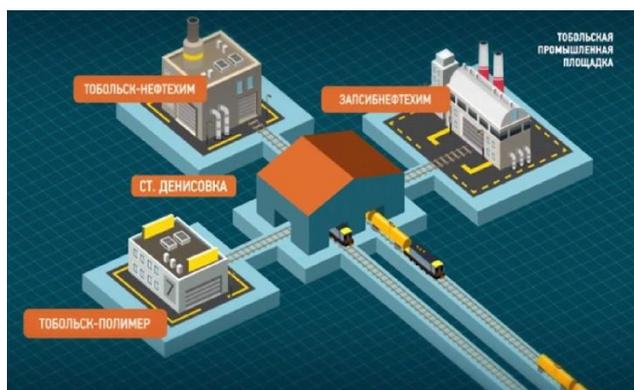


Рисунок 2.5.1.1 – Структура Тобольской промышленной площадки

Конфигурация производства предполагает

- Установку пиролиза мощностью 1,5 млн тонн этилена в год (технология компании Linde AG, Германия), 500 тыс. тонн пропилена, а также 240 тыс. тонн высокомаржинальных побочных продуктов (бутадиена, бутена-1, метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ), пиробензина);

- Две установки на четыре линии по производству различных марок полиэтилена совокупной мощностью 1,5 млн. т в год (технология компании INEOS, Великобритания);

- Установка по производству полипропилена мощностью 500 тыс. тонн в год (технология компании LyondellBasell, Нидерланды).

Производственные мощности «СИБУР Тобольска» включают в себя центральную газофракционирующую установку по переработке широкой фракции легких углеводородов мощностью 8 млн тонн в год, производство мономеров для выработки сжиженных углеводородных газов, бутадиена, изобутилена, а также метил-трет-бутилового эфира; производство полимеров для выработки полипропилена мощностью 500 тыс тонн в год; производство электротеплопарогенерации.

Конечным продуктом «ЗапСибНефтехима» являются полиэтилен высокой плотности, линейный полиэтилен низкой плотности и полипропилен, относящиеся к классу полиолефинов – наиболее распространенных термопластов.

Схема производства

Основное сырье для производственных процессов комплекса «ЗапСибНефтехим» - продукты переработки широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) с содержанием метана и этана до 5%. ШФЛУ получают на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) в результате переработки природного газа, газового конденсата и попутного нефтяного газа. По транспортной системе ШФЛУ будет поставляться на «ЗапСибНефтехим» с ГПЗ Западной Сибири.

Поступающая смесь углеводородов будет первично разделяться на установке деэтанализации непосредственно на территории предприятия. Продукты с установки деэтанализации будут направляться на установку пиролиза и на газоразделительные установки «СИБУР Тобольск» для получения товарных углеводородов (часть из них возвращается на установку пиролиза).

При аварийной ситуации на одной из установок деэтанализации или одновременно на двух установках деэтанализации, предусмотрена подача ШФЛУ марки «Б» непосредственно на газофракционирующие установки. В свою очередь, продукты, образующиеся на установке пиролиза (этилен и пропилен), будут направляться на установки производства полиэтилена и полипропилена «ЗапСибНефтехим» для полимеризации и получения готовой продукции. После полимеризации происходит гранулирование как полипропиленового порошка, так и полиэтиленового. Гранулы полипропилена и полиэтилена различной плотности являются товарной продукцией Комплекса. Готовая продукция поступает на силосы хранения, а затем - на участки упаковки и отгрузки. Там гранулы либо отгружаются в контейнеры навалом, либо затариваются в мешки. Отгрузка осуществляется железнодорожным или автомобильным транспортом.

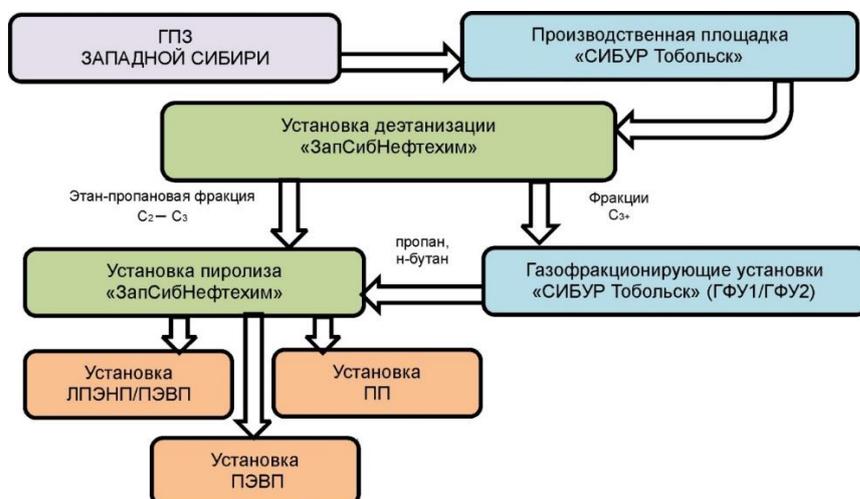


Рисунок 2.5.1.2 – Схема переработки ШФЛУ

Энергоменеджмент

СИБУР прилагает значительные усилия по снижению затрат на энергоресурсы путем безопасного и эффективного управления потреблением энергии, энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятий. На всех производственных площадках формируются и реализуются краткосрочные и долгосрочные программы энергосбережения, разрабатываются и осуществляются мероприятия, нацеленные на оптимизацию энергопотребления.

Энергоэффективность работы «ЗапСибНефтехим» будет обеспечиваться за счет мероприятий, которые были разработаны с учетом требований национального законодательства Российской Федерации и с учетом лучших мировых практик. Основные мероприятия по обеспечению энергоэффективности включают:

Мероприятия, обеспечивающие энергоэффективность работы «ЗапСибНефтехим»

Характер мероприятий	Основные мероприятия, предусмотренные «ЗапСибНефтехим»
Технологические и технические решения, принятые при проектировании	<ul style="list-style-type: none"> высокопроизводительное перекачивание продуктов (ШФЛУ, бутен-1, гексен-1); балансирование материальных и энергетических ресурсов (электроэнергии, тепла) с минимальным поступлением внешней энергии, использование ВСГ; гибкость и возможность работы в условиях изменения количества, качества, параметров сырья и продукции; замер и учет всех энергетических и ресурсных потоков, факельных сбросов; использование тепла экзотермических процессов; установка узлов учета энергоресурсов; использование энергосберегающего оборудования, энергоэффективных систем освещения.
Решения по системам отопления, вентиляции, кондиционирования	<ul style="list-style-type: none"> теплоизоляция воздухопроводов и трубопроводов для минимизации затрат на производство тепла (холода); круглосуточный контроль и автоматического регулирование температуры, подачи теплоносителя; организация тамбуров для поддержания стабильных температур; использование рекуперированного тепла.
Электротехнические решения	<ul style="list-style-type: none"> применение повышенного напряжения (10 кВ) для распределительной сети; размещение распределительных устройств 10 кВ на минимальном расстоянии к потребителям; исключение применения оборудования с повышенным электропотреблением; применение энергоэффективных источников света, системы автоматического управления освещением; применение электроприводов с Устройствами плавного пуска, частотным регулированием скорости вращения.
Решения по теплоснабжению	<ul style="list-style-type: none"> теплоизоляция оборудования и трубопроводов, теплозащита зданий; использование системы электрического обогрева; сбор и последующее использование конденсата греющего пара.
Решения по водоснабжению и водоотведению	<ul style="list-style-type: none"> применение оборудования с экономичным использованием воды; установка узлов коммерческого учета расхода воды (на водоводах речной воды, на трубопроводах подачи очищенных стоков от сооружений нейтрализации и очистки производственных сточных вод); установка узлов производственного учета расхода воды (на объектах водоподготовки и очистки сточных вод, на трубопроводах технической и деминерализованной воды, поступления в здания хозяйственно-питьевой воды); обеспечение эффективной бесперебойной работы насосного оборудования; сбор и использование дождевых стоков.

Расход ресурсов на 1 тонну готовой продукции

Наименование	Расход на 1 тонну готовой продукции
Природный газ	9,293 кг/ 1т этилена
Электроэнергия	0,399 МВтч/ 1т этилена
Оборотная вода	7,855 т/1т этилена
Пар СВД (от печей пиролиза на установку)	3,400 т/1т этилена
Пар ВД (от бойлеров ВД на установку)	1,563 т/1т этилена
Азот	3,061 нм3/1т этилена
Воздух КИП	12,202 нм3/1т этилена
Технологический воздух	7,708 нм3/1т этилена
Питьевая вода	0,044 м3/1т этилена
Деминерализованная вода	1,148 м3/1т этилена
Теплофикационная вода	2,351 м3/1т этилена
Топливный газ экспорт	76,533 кг/1т этилена

Основные технологические процессы

Газофракционирование

Одним из важнейших этапов на пути превращения углеводородного сырья в продукты нефтехимии является газофракционирование (рис. 2.5.1.3) – разделение широкой фракции легких углеводородов или аналогичных смесей на составляющие ее компоненты – индивидуальные углеводороды. ГФУ представляет собой каскады внушительных колонн, на которых последовательно выделяются сжиженные газы или смеси. В частности, индивидуальные высококонцентрированные фракции пропана и бутана, технический бутан (менее чистый) и фракция изобутана. Однако кроме пропана, бутана и смесей на их основе газофракционирование позволяет выделять из углеводородного сырья множество других важных компонентов. Это, например, изобутан-изобутиленовая фракция (ИИФ) и изопентан.

Азеотропная осушка

Процесс азеотропной осушки (рис. 2.5.1.4) пропановой фракции от метанола является физическим, основанным на образовании азеотропа пропан-метанол-вода, который позволяет практически полностью удалять метанол и воду из пропана при помощи азеотропной ректификации. Таким образом, в ходе процесса происходит одновременно как глубокая очистка от метанола, так и глубокая осушка пропана. В ходе азеотропной ректификации, метанол и вода концентрируются в верхней части колонны, а очищенный и осушенный пропан – в нижней ее части. В связи с тем, что метанол хорошо растворяется в пропане, для его вывода из пропана верхом ректификационной колонны, предусмотрена экстракция водой.

В проекте азеотропной осушки применяется оптимальное функционально-технологическое решение с использованием теплового насоса, позволяющее в несколько раз снизить затраты энергии на реализацию процесса. Это связано с небольшой разницей между температурами верхней и нижней части колонны, которая создает возможность передачи тепла с верха колонны в ее кубовую часть при помощи теплового насоса. При этом управление тепловым балансом схемы (температурой в ректификационной колонне) осуществляется при помощи отвода тепла из системы через воздушный холодильник, что ведет к необходимости работы воздушного холодильника при температуре среды выше температуры окружающего воздуха. В целях энергосбережения внешние тепловые потоки на данной установке минимизированы, температура процесса не может значительно отличаться от температуры сырья на входе в установку, т.е. для стабильного режима работы установки необходимо обеспечить стабильную температуру подаваемого на нее пропана.

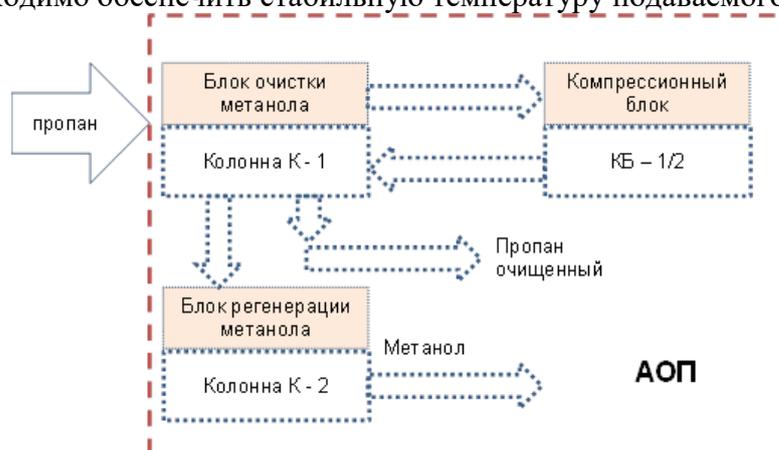


Рисунок 2.5.1.4 – Схема процесса азеотропной осушки пропановой фракции от метанола

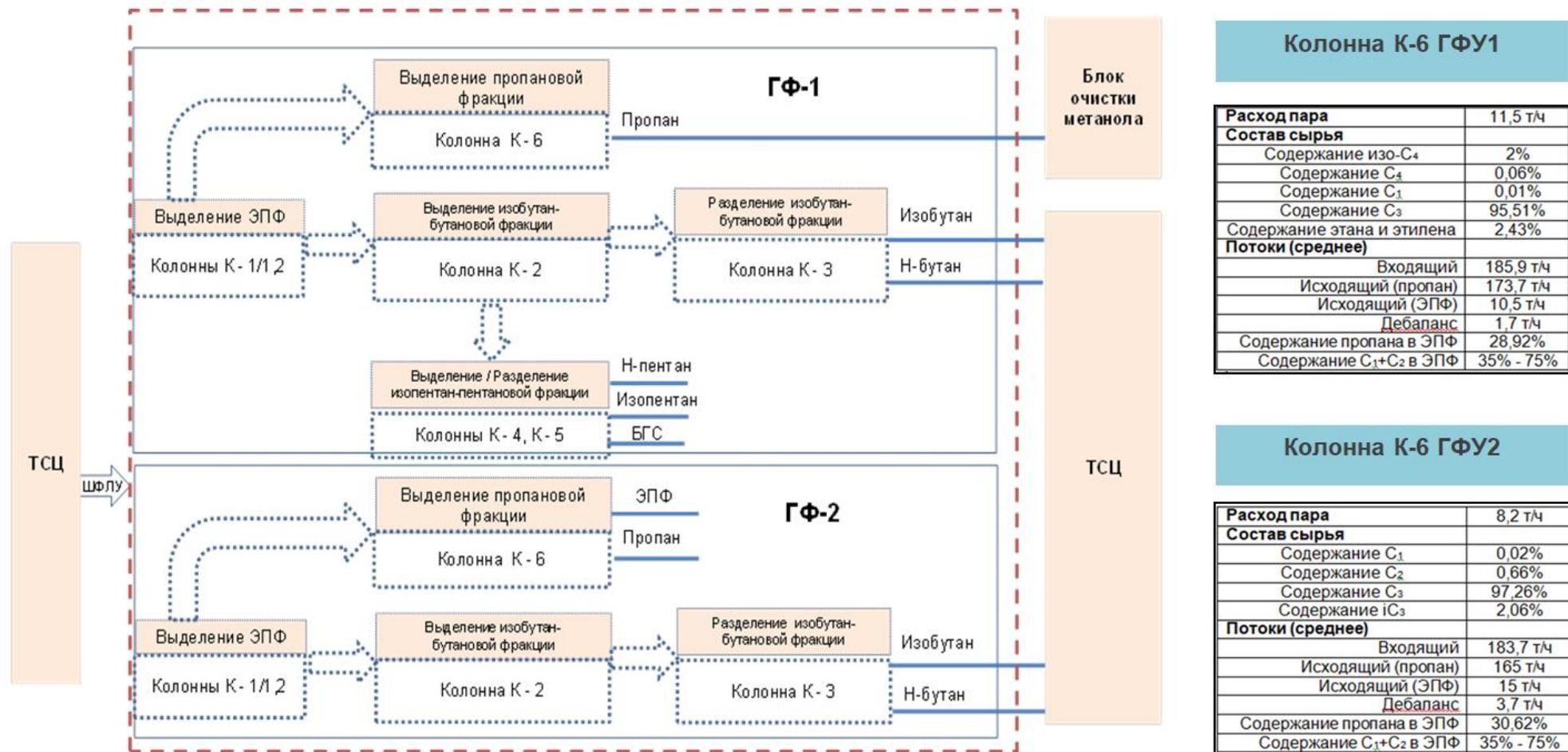


Рисунок 2.5.1.3 – Схема установок газодифракционирования (слева), материальный баланс колонны К-6 (справа)

Материальный баланс процесса азеотропной осушки

Вход на отделение АОП	214,1 т/ч
Состав сырья	
Содержание метанола	5610ppm
Содержание пропана и пропилена	96,91%
Содержание этана и этилена	1,52%
Выход на отделения АОП (пропан)	213,79 т/ч
Состав сырья (Пропановая фракция)	
Содержание метанола	34ppm
Содержание пропана и пропилена	98,36%
Содержание этана и этилена	0,06%
Выход с отделения АОП (ЭПФ)	4,34 т/ч
Состав сырья (ЭПФ)	
Содержание этана и этилена	36,21%
Содержание пропана и пропилена	63,41%
Содержание азота	0,25%

Пиролиз

Пиролиз протекает при температурах 700 – 900°С и давлении, близком к атмосферному, при недостатке кислорода. Реакция идет в трубчатых печах, состоящих из двух отсеков. В первом сырье смешивается с паром и нагревается до температуры порядка 600°С, после чего подается в трубы-змеевики, помещенные в топочную камеру, где сгорающее топливо создает необходимую температуру. В целом, в процессе пиролиза реализуются десятки типов химических превращений, идущих параллельно или последовательно.

Выход важнейших продуктов, а также расход сырья на их получение значительно варьируются в зависимости от типа сырья и режима проведения процесса. Из таблицы видно, что наиболее эффективным сырьем для получения, например, этилена является этан – и расход сырья невелик, и выход целевого олефина высок. В то же время при использовании этана невысок выход бутадиена и бутиленов, а также жидких продуктов пиролиза. После выхода из печи газообразная смесь продуктов пиролиза проходит ряд технологических узлов (для отделения воды, пара, первичного разделения, сероочистки, осушки, компримирования и т. д.) и попадает в отделение фракционирования, то есть разделения смеси на индивидуальные компоненты. После этого полученные олефины готовы для использования в дальнейших превращениях, важнейшим из которых является полимеризация.

Проект «ЗапСибНефтехим» предполагает запуск установки пиролиза ЭП-1500, предназначенной для получения этилена, пропилена полимерного сорта, 1,3-бутадиена, МТБЭ и 1-бутена в процессе высокотемпературного пиролиза этанового, пропанового и н-бутанового сырья и дальнейшего разделения продуктов пиролиза.

Начальной секцией установки является дезтанизатор, в котором происходит выделение этан/пропановой фракции из сжиженных углеводородных газов (ШФЛУ марки Б), поступающих по трубопроводу с газоперерабатывающих заводов. Результатом процесса ректификации, проходящей в дезтанизаторе, является выделение наиболее легкой газовой фракции С1-С2 (метан-этановой) с верха колонны, которая идет в топливную сеть, оставшаяся часть ШФЛУ выводится с куба дезтанизатора и через цикл охлаждения и прохождения через теплообменники подается в хранилище.

Последующие процессы являются ключевыми в пиролизе ШФЛУ и будут происходить «в сердце установки» - в пиролизных печах. Перед поступлением в печи очищенное сырье предварительно нагревается и испаряется (то есть превращается в газ). Если сырье не подогреть, то, поступая в печи, оно будет охлаждать реактор, что нежелательно. После подогрева сырье под небольшим давлением подается на реакцию в печи пиролиза. Затем продукты пиролиза попадают на блок фракционирования, состоящий из систем фракционирующих колонн и отстойников, разделяются на технологическую воду, на тяжёлую смолу (температура начала кипения ~ 200 °С), на лёгкую смолу (пиробензин), на

предварительно облегченный пирогаз (у/в C1-C4 с содержанием у/в C5-C8). Полученная технологическая вода подается обратно в печи пиролиза, тяжелая смола выводится из пиролизной установки для дальнейшей переработки.

Далее лёгкий пирогаз поступает на узел компримирования, состоящий из многоступенчатого компрессора. Суть этой операции заключается в ступенчатом повышении давления пирогаза. Этот процесс осуществляют поэтапно в силу двух основных факторов. Во-первых, сразу дожать пирогаз до высокого давления одним компрессором трудно, для этого последний должен быть слишком большим, слишком мощным, сложным в монтаже и обслуживании, энергозатратным и малонадежным. Во-вторых, при повышении давления пирогаза часть его компонентов переходит в жидкое состояние.

Образуются компоненты пиробензина (пироконденсата), которые ранее выпадали на колонне первичного фракционирования из-за понижения температуры. Их нужно отделять от пирогаза. Сделать это качественно в течение одного цикла невозможно. Из этих соображений компримирование пирогаза осуществляют постепенно в несколько ступеней с промежуточным отделением выпадающего пироконденсата.

Установка пиролиза ЭП-1500 включает:

- установку подготовки сырья – деэтанализатор
- секцию производства этилена/пропилена
- секцию переработки фракции C4 с производством бутадиена, метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) и бутена-1
- секцию короткоциклового адсорбции
- секцию переработки фракций C5-C9
- паровые котлы, аппараты химводоподготовки
- водоблок
- блок производства деминерализованной воды
- факельные установки
- трансформаторные подстанции
- контроллерные

Между стадиями компрессии предусмотрены теплообменники и сепараторы для охлаждения компримированного пирогаза и его сепарации с дополнительным выделением влаги и пироконденсата. На этой стадии пирогаз сжимается до давлений 3,7– 3,8 МПа для повышения температур кипения разделяемых продуктов. Также между стадиями компримирования предусмотрен узел очистки пирогаза от кислых газов (CO₂, H₂S), представляющий собой насадочную колонну, в которой происходит хемосорбция кислых газов раствором NaOH.

После последней ступени компримирования пирогаз идет на финальную осушку от остатков воды. После осушки пирогаз подается в блок выделения водорода и метана. Отделение этих легких газов связано со ступенчатым охлаждением пирогаза, который после компримирования находится под высоким давлением. В итоге все компоненты пирогаза превращаются в жидкость, и лишь метан и водород (температуры кипения при нормальных условиях составляют –162°C и –253°C соответственно) остаются в виде газов и легко отделяются от основной части пирогаза. Охлаждение пирогаза происходит ступенчато в каскаде теплообменных аппаратов.

Охлаждение пирогаза после блока осушки ступенчато осуществляется в нескольких теплообменных аппаратах: пирогаз протекает по трубам, окруженным кожухом, через который циркулирует охладитель. С помощью пропилена на каскаде теплообменников пирогаз охлаждается до –37°C. После этого он подается на сепараторы. Для более эффективного разделения и во избежание потерь целевых продуктов циклы охлаждения и отделения несколько раз повторяются, ступенчато снижается и температура, до которой охлаждается пирогаз. Достижимый предел составляет порядка –70°C. Поскольку в блоке охлаждения пирогаза задействованы несколько сепараторов, то суммарный поток пирогаза, который идет на дальнейшую переработку, состоит из соответствующего количества потоков

с разной температурой и разным составом. Все они отдельными трубопроводами подаются на колонный аппарат, который носит название деметанизатор. По своей сути это ректификационная колонна, которая и осуществляет финальную очистку пирогаза от остаточного метана и водорода.

Таблица 2.5.1.4

Нормы расхода сырья на 1 тонну готовой продукции

№	Вид готовой продукции	Наименование сырья	Расход на 1 тонну готовой продукции
1	Этилен	C2/C3 фракция	1,543
		Пропан	2,190
		Н-Бутан	2,166
2	Пропилен	C2/C3 фракция	17,388
		Пропан	5,122
		Н-Бутан	4,825
3	Бутадиен	C2/C3 фракция	33,713
		Пропан	35,920
		Н-Бутан	25,957
4	МТБЭ	C2/C3 фракция	1 112,532
		Пропан	217,554
		Н-Бутан	224,542
5	Бутен-1	C2/C3 фракция	436,563
		Пропан	113,222
		Н-Бутан	79,522

Таблица 2.5.1.5

Требования к сырью для установки пиролиза

№		C2/C3 фракция, т/ч	Пропан, т/ч	н-Бутан, т/ч
	Сырье			
1	C2/C3 фракция	68,977		
2	Пропан		169,040	
3	Н-Бутан			131,133
4	Метанол на установку МТБЭ	23	284	213
	Продукты			
1	Этилен	44,701	77,205	60,538
2	Пропилен	3,967	33,005	27,174
3	Бутадиен	2,046	4,706	5,052
4	МТБЭ	0,062	0,777	0,584
5	Бутен-1	0,158	1,493	1,649

Итак, на выходе из деметанизатора пирогаз состоит из целевых продуктов– этилена и пропилена, попутно образовавшихся в ходе пиролиза этана и пропана, фракции C4 (бутаны, бутилены, бутадиен) и остатков углеводородов C5– C9. После выделения и очистки целевые продукты комплекса пиролиза отправляются на продуктовые склады хранения. Главными же продуктами являются этилен и пропилен, которые накапливаются в изотермических хранилищах перед тем, как отправиться на следующий передел– полимеризацию.

Для установки пиролиза к сырью предъявляются следующие требования: сырье должно содержать не более 50 ppm масс. Метанола, а также в сырье не должен присутствовать CO₂. В связи с этим на установке пиролиза предусмотрены секции подготовки сырья, включающие в себя секцию удаления метанола и очистки от CO₂.

Установки ЛПЭНП/ПЭВП

Производство линейного ПЭ может происходить как при низком, так и при высоком давлении на данной установке газовой фазы ЛПЭНП/ПЭВП двумя способами: газофазной полимеризацией, полимеризацией в суспензии. При высоком давлении на выходе будет произведен полиэтилен низкой плотности и, наоборот, при низком давлении – полиэтилен высокой плотности.

Задачей установки ЛПЭНП/ПЭВП является производство 800 тыс.т. в год ЛПЭНП/ПЭВП с использованием двух линий газовой фазы ЛПЭНП/ПЭВП по технологии

Innovene™ G компании INEOS и двух линий фазы суспензии ПЭВП по технологии Innovene™ S общей производительностью 700 тыс. тонн в год.

Блок газофазной полимеризации ЛПЭНП/ПЭВП. Установка предназначена для получения полиэтилена низкой и высокой плотности газофазной полимеризацией этилена по технологии Innovene™ G компании INEOS.

Технологический процесс производства ЛПЭНП/ПЭВП осуществляется на двух параллельно работающих технологических линиях мощностью 400 тыс. тонн в год каждая и включает в себя: подготовку сырья, ввод катализатора, полимеризацию, дегазацию и рециркуляцию, ввод добавок, гранулирование и гомогенизацию, логистическую платформу, обеспечивающую хранение готового продукта, упаковку и отгрузку. Подготовка сырья предназначена для обеспечения требуемого качества для реакции полимеризации. Также здесь производится подготовка этилена для других установок: по производству полипропилена и по производству ПЭВП (полимеризация фазы суспензии). Очистка сырья производится в адсорберах. Узел ввода катализатора предназначен для непрерывной подачи катализатора в реактор полимеризации. На установке используются катализатор Циглера, металлоценовый и хромовый катализаторы. На каждой линии предусмотрено по два узла ввода катализатора: один – для катализатора Циглера (идет в каждую линию), другой – для металлоценового или хромового катализаторов. При использовании катализатора Циглера в качестве сокатализатора используется ТЭАЛ (3-этил-алюминий) и жидкая добавка В1 (при работе с металлоценовым и хромовым катализаторами – добавка S1).

Таблица 2.5.1.6

Требования к сырью и вспомогательным материалам установки ЛПЭНП/ПЭВП

№	Наименование продукта	Расход	
		В год т.	На 1 т готовой продукции кг/т
	Сырье		
1	Этилен	765807	957
2	Водород	215	0,27
3	Бутен-1	10597	13,3
4	Гексен-1	28367	35,5
5	Пентан	850	1,06
	Катализаторы		
1	Кат. Циглера SDX	25,3	0,032
2	Кат. Циглера NCT	9,7	0,012
3	Кат. металлоценовый	37,3	0,047
4	Кат. хромовый	78,4	0,1
5	Триэтилалюминий	64,8	0,08

Производство полипропилена

Установка по производству полипропилена предназначена для получения полипропилена (гомополимер, рандомсополимер, блоксополимер, терполимер – тройной бутенсодержащий сополимер) по технологии Spheripol компании LyondellBasell. В качестве сырья для производства полипропилена используется бутен-1, пропилен, этилен и водород. Технологический процесс на установке производства полипропилена осуществляется на одной реакторной линии, включающей два последовательных петлевых реактора и один, подключаемый при производстве блоксополимеров, газофазный реактор, и двух параллельных линиях экстракции.

Секция хранения и дозирования катализатора, сокатализатора, донора и жидких добавок предназначена для приёма, хранения, подготовки, дозирования и подачи каталитического комплекса, состоящего из сокатализаторов: триэтилалюминия, донора и катализатора Циглер-Натта.

Секция предварительной полимеризации и жидкофазной полимеризации пропиленов предназначена для получения полипропилена (гомополимер, рандомсополимер, терполимер – тройной бутенсодержащий сополимер) в виде суспензии порошка полипропилена в жидком пропилене, а также для предварительной подготовки каталитического комплекса до подачи и с последующей подачей образовавшейся активной смеси в последовательно

расположенные петлевые реактора. В петлевых реакторах суспензия непрерывно циркулирует, периодически происходит выгрузка порции суспензии с замещением освободившегося объема свежим жидким пропиленом. Выгруженная порция суспензии отправляется в секцию дегазации полимера с рециклом пропилена.

После дегазации порошок полипропилена в зависимости от получаемой марки направляется либо в секцию сополимеризации в газовой фазе (при получении гетерофазных блоксополимеров), либо для дальнейшей обработки в секцию отпарки и сушки полимера с рециклом мономера.

При получении гетерофазных блоксополимеров с высокой ударной прочностью к основной массе гомополимера, полученного в петлевых реакторах, добавляется смесь этилена и пропилена в заданном соотношении. В результате реакции сополимер присоединяется к гомополимеру с образованием ударопрочного гетерофазного сополимера.

Отпарка полимера горячим паром проводится для полного удаления любого растворенного мономера и пропана, чтобы улучшить качество продукта. После удаления остаточных углеводородов порошок полимера подается в секцию внесения добавок и экструзии полипропилена.

В экструдере происходит гомогенизация, желатинизация, экструзия и грануляция полимера, гранулы продукта выдавливаются под слоем воды, осушаются, просеиваются и подаются системой пневмотранспорта на узел смешения гранул. После гомогенизации гранулы ПП подвергаются элютриации – обеспыливанию и поступают в силосы хранения готового продукта.

Для установок полимеризации предъявляются требования по максимальному содержанию воды, ацетилену, СО, СО₂. В связи с этим на установках полимеризации установлено оборудование для доочистки этилена, пропилена, бутена-1, гексена, изобутана и изопентана до требований процесса.

Таблица 2.5.1.7

Нормы расхода сырья для установок полимеризации

№	Сырье	Расход (норм) т/ч	Расход (макс) т/ч	Расход расч т/ч
1	Пропилен	65,0	70,0	80,0
2	Этилен	1,0-7,0	8,5	1,0
3	Бутен 1	1,0-3,0	4,1	4,5
4	Водород	0,01-0,04	0,05	0,06

Задание

1. Идентифицировать «узкие места» в реализуемых технологических схемах установок ЦГФУ, АОП, а также пиролиза, производства полиэтилена и полипропилена.

2. Предложить инновационные и энергоэффективные решения при обеспечении бесперебойной поставки углеводородного ресурса, формировании необходимых производственных запасов, замене и установке дополнительных единиц основного производственного оборудования СИБУР Тобольска (ЦГФУ, АОП), а также в соответствующих зонах и секциях базовых технологических установок производственного проекта ЗапСибНефтехим.

3. Предложить комплекс мероприятий для обеспечения безостановочной работы ЗапСибНефтехима в 4-летнем межремонтном режиме функционирования производственного проекта при переходе с ежегодной системы плановых ремонтов ЦГФУ и АОП на более длительный межремонтный интервал.

4. Дать экономическое обоснование системе предлагаемых мероприятий в рамках обеспечения 4-летнего межремонтного функционирования производственного проекта ЗапСибНефтехим.

5. Предложить мероприятия по энергосбережению и мероприятия по снижению удельного потребления энергоресурсов на выпуск продукции.

2.5.2 НХ2019О ЦТ «Цифровые решения и эффективность производства»

В условиях внедрения цифрового распоряжения на предприятиях «СИБУР Тобольск» участникам необходимо провести комплексную оценку рисков и определить резервы роста экономической эффективности от проектов цифровой трансформации.

Тенденции применения цифровых технологий в химической промышленности

Один из глобальных современных трендов – внедрение цифровых решений с целью увеличения операционной эффективности предприятий. Применение цифровых технологий позволяет повысить доход, энергоэффективность и производительность компании. Цифровизация рабочих процессов влияет на повышение эффективности и на обеспечение высокого уровня безопасности. Качественная же система промышленной безопасности позволяет эффективно минимизировать риски, связанные с реализацией проектов, а также выстроить систему предупреждения инцидентов, охватывающую все стадии производственного процесса, что положительно влияет на эффективность процессов и, как следствие, обеспечивает рост экономических показателей. В настоящее время уровень «цифровой зрелости» химического и нефтехимического, в частности, сектора не очень высок по сравнению с другими отраслями, но уже сложились определенные тенденции в отношении применяемых цифровых решений

Основные тенденции цифровизации:

Автоматизация и робототехника: автономная работа программных и аппаратных роботов или их взаимодействие с людьми; внедрение гибридного типа рабочей силы

Искусственный интеллект: интеллектуальные машины поддерживают людей в решении проблем и самостоятельно принимают решения

Облачное хранение данных: возможность постоянного доступа к нужным программам и данным из любой точки мира

Мобильные устройства: сочетание сетей, устройств и программных решений, позволяющее всегда быть онлайн и контролировать процесс

Промышленный Интернет вещей: подключение смарт-датчиков, устройств и оборудования к сети

Сочетание ИТ/ИТ: совместимость интернет-технологий и производственных технологий

Сенсоры: ведение записи физических условий (работы производственных машин, окружающей среды) и передача данных

Big Data: аналитика больших объемов данных

Платформы, специфические приложения: широкий спектр программного обеспечения и услуг добавляет отраслевую ценность

Внедрение цифровых технологий наряду с положительными эффектами, безусловно, сопровождается определенными рисками. Прежде всего - технологическими и связанными с кибербезопасностью.

Последствия нарушения доступности, целостности или конфиденциальности данных процессов могут стоить компании очень дорого. Чтобы эффективная цифровая среда соответствовала желаемой цели, важно рассмотреть области риска (табл. 2.5.2.1).

Таблица 2.5.2.1

Риски внедрения цифровых технологий

Риски из контекста	Риски при реализации	Управленческие риски
<ul style="list-style-type: none">• Адекватность выбора цифровых средств реализации диджитализации в контексте бизнес-целей.• Настройка управления рисками на этапе проектирования цифровой программы.• Приоритезация инициатив, обеспечивающих минимальные сбои в обслуживании.	<ul style="list-style-type: none">• Архитектура, основанная на оценке риска для цифровых инструментов, технологий, операций, безопасности.• Соответствующие цифровые технологии для различных бизнес-процессов.• Культура «цифрового мышления» и безопасное использование цифровых компонентов.	<ul style="list-style-type: none">• Эффективное управление цифровыми преобразованиями для обеспечения межфункционального взаимодействия.• Структура управления рисками, которая может использоваться организацией для управления рисками, которые могут возникнуть в любых будущих цифровых инициативах.

Система технического обслуживания и ремонта в нефтехимии

Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) имеет решающее значение для обеспечения безопасности оборудования в нефтехимической промышленности. Многие аварии происходят из-за работы нестабильного и неисправного оборудования, сложной рабочей среды и человеческих ошибок.

Система ТОиР – это комплекс мер по обслуживанию и ремонту оборудования, направленный на поддержание работоспособности оборудования, предотвращение отказов и выхода из строя, своевременный ремонт. Система ТОиР предусматривает: техническое обслуживание, текущий ремонт, капитальный ремонт.

Для уменьшения вероятности аварий и отказов во время операций на площадке используются различные стратегии ТОиР.

Существует 4 основных стратегии технического обслуживания и ремонта оборудования, которые впоследствии легли в основу комбинированных стратегий:

а) Ремонт при отказе (Run-to-Failure, RTF) – оборудование эксплуатируется до отказа, т.е. до выхода из работоспособного состояния;

б) Планово-предупредительный ремонт (Time-Based Maintenance, TBM) – ремонт оборудования по истечении определенного времени, в зависимости от условий использования;

в) Ремонт по состоянию (Condition-Based Maintenance, CBM) – все работы по ремонту и наладке оборудования проводятся в зависимости от реального текущего состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации на базе измерения соответствующих параметров;

д) Предиктивное/проактивное обслуживание (Predictive Maintenance, PM) – техобслуживание на основе результатов предикативной (прогнозной) аналитики - прогноза о будущем поведении оборудования.

Для каждого типа оборудования возможно строить индивидуальные планы ТОиР и выбирать соответствующую стратегию. Таким образом, получили развитие комбинированные стратегии, которые учитывают преимущества простых стратегий – RTF, TBM, CBM, PM – для более эффективного осуществления ТОиР

К комбинированным стратегиям относятся:

1) Обслуживание, ориентированное на надежность (RCM, Reliability-Centered maintenance). В основе данной стратегии лежит следующий принцип: использовать для каждой единицы оборудования подходящую стратегию ТОиР - RTF, TBM, CBM или PM. За счет комбинирования различных стратегий повышается надежность производственной системы в целом.

2) Обслуживание, ориентированное на риски (RBM, Risk-Based maintenance). Ключевая особенность данной стратегии – учет вероятности (частоты) отказов оборудования, которая может быть определена на основании имеющейся статистики отказов либо экспертным методом. Таким образом, данная стратегия дополняет стратегию RCM за счет выявления уровня риска, сопровождающего эксплуатацию оборудования. Уровень риска позволяет сбалансировать сроки и объёмы ТОиР оборудования, устанавливая приоритетность их выполнения, что в общем случае приводит к повышению надёжности и безопасности производственного комплекса, а также к снижению сопутствующих затрат.

Конкурентоспособность современных нефтехимических комплексов зависит от многих факторов, один из которых – это межремонтный срок эксплуатации оборудования, чем длиннее срок между капитальными ремонтами, тем меньше экономических потерь несет предприятие, и тем выше его эффективность. Подавляющее большинство случаев возникновения непредвиденных экономических потерь связаны с вынужденными остановками производства для устранения текущих неполадок, в том числе, утечек перерабатываемых и транспортируемых продуктов.

Один час простоя оборудования в нефтехимическом производстве может обойтись в несколько миллионов рублей. Поэтому одной из важнейших задач является обеспечение высокой эксплуатационной надежности технологического оборудования. Важность обусловлена как специфическими особенностями отрасли, так и современными тенденциями ее развития.

Таблица 2.5.2.2

Стратегии реализации ТОиР		
Модель	Стратегии ТОиР	
	реактивные	проактивные
Стохастическая (на основе вероятностных/статистических показателей)	I. Ремонт при отказе: недорогое резервируемое оборудование; минимальные затраты на ТОиР; отказы и затраты по их ликвидации непредсказуемы.	II. Планово-предупредительный ремонт: обеспечение подготовки к ремонту; значительные затраты на ТОиР из-за замены работоспособных узлов и деталей; возможность возникновения аварийных отказов.
Детерминированная (на основе актуальной информации о ТС оборудования)	III. Ремонт по состоянию: максимальное использование ресурса; необходимость в ремонтных работах может превысить возможности РС	IV. Предиктивное обслуживание: рациональный выбор времени, видов и объемов ремонтных воздействий; снижение объемов ремонтных воздействий с одновременным увеличением срока службы оборудования
	низкая вероятность аварийных отказов; высокие требования к культуре труда и квалификации персонала.	

К числу факторов, выделяющих нефтехимию из сферы промышленного производства, следует отнести широкое применение в технологических процессах повышенных и криогенных температур; высоких давлений и вакуума; коррозионных, огне- и взрывоопасных сред; сильнодействующих ядовитых веществ. Зачастую требования технологии приводят к неблагоприятным сочетаниям рабочих параметров, приводя к проявлению системного эффекта эмерджентности. Стохастическая природа внешних воздействий и внутренних процессов, протекающих в конструкционных материалах, делает результаты такого проявления трудно прогнозируемыми.

Влияние указанных факторов на надежность оборудования усугубляется тенденциями развития нефтехимии. Ориентация на углубление переработки нефтяного и газового сырья предполагает интенсивное наращивание мощностей процессов переработки и, следовательно, усложнение технологических установок, удлинение технологических цепочек, ужесточение условий эксплуатации оборудования.

В этих условиях цифровые решения, позволяющие собирать и анализировать данные о состоянии оборудования, совершенствовать процессы мониторинга и диагностики, сокращать количество ручного труда и снижать влияние «человеческого фактора», являются очень востребованными.

Кроме того, всё оборудование должно обладать взрывозащитой и иметь соответствующие сертификаты согласно российскому стандарту ТР ТС 012/2011. Стандартное оборудование, используемое в технологиях Интернета вещей, не обладает такими характеристиками.

Цифровая трансформация

СИБУР выбрал для себя несколько стратегических направлений развития, которые в ближайшие десятилетия будут драйверами бизнеса. Это прежде всего участие в развитии экономики замкнутого цикла, внедрение во все сферы производственной деятельности инструментов цифровой «индустрии 4.0», углубление переработки углеводородов и создание продукции для отраслей, которые уже сегодня формируют экономику будущего.

С 2018 г. началась эпоха цифровой трансформации СИБУР. Цифровая трансформация означает изменение всей культуры компании: Данные – это новый актив компании, Фокус на скорость принятия решений и быстрое внедрение.

В СИБУР есть три направления повышения эффективности с помощью цифровизации. Первое направление называется – «продвинутая аналитика». Это направление предлагает построение аналитических моделей с целью выбора оптимального технологического режима, выстраивания правильного графика ремонтов во избежание незапланированных поломок. В частности, налаженная работа и возможность предсказывать критичный объем факторов, способных остановить производство, позволили только на установке в Тобольске сократить количество остановок с 19 до 1 за полугодие. При этом одна остановка обходится компании примерно в 20 млн руб.

Второе направление - цифровизация процессов: упрощение процедур, замена бумажной документации мобильными приложениями, внедрение интерфейсов «человек-машина» для упрощения процессов, сокращение цикла от заказа до поставки, оптимизация цепей поставок, отслеживание продукта, создание «цифровых сотрудников».

Третье направление – «индустрия 4.0». В рамках этого направления тестируются новинки на применимость в области нефтехимии и реализуются отобранные проекты. К примеру, изучаются системы автоматического пуска и остановки установок, изменения параметров и регулирования процессов. Пуски на производстве часто проходят в несколько этапов. На каждую операцию отводится по несколько часов. В результате с момента старта до выхода первой тонны продукции проходит несколько суток. Цифровая система поможет просчитать риски, учесть различные факторы и выбрать самый эффективный режим. Также активно внедряется применение промышленных роботов: роботизация производственных и бизнес-процессов. Предполагается увеличение производительности за счет использования сенсоров и датчиков и снижение отходов за счет непрерывного контроля технологических процессов.

Адаптация цифровых трендов

Цифровая трансформация влечет за собой решение ряда важных задач:

1. Разработка и реализация долгосрочных и комплексных программ развития холдинга в области цифровых технологий
2. Проведение мероприятий по распространению лучших практик и формирование инновационной культуры
3. Мониторинг передовых технологий накопления знаний, выбор, экспертиза, оценка экономической эффективности прототипирования и пилотирования наиболее перспективных решений
4. Подготовка нормативно справочной документации для выполнения тиража перспективных решений

Готовность компании к цифровизации основывается на успешном внедрении ряда крупных ИТ-проектов. В частности, в числе адаптированных практик СИБУР:

- Снижение затрат за счёт автоматизации.
- Внедрение СУУТП (APC) - система усовершенствованного управления производственным процессом, которая ведет технологический процесс, опираясь на заложенную модель. К достоинствам системы стоит отнести стабилизацию качества продукции, снижение энергозатрат, снижение нагрузки операторов, повышение промышленной безопасности.
- Внедрение производственных систем MES - manufacturing execution system, систем оперативного управления.
- Внедрение бизнес-приложения SAP ERP.
- Внедрение лабораторной системы LIMS - Laboratory Information Management System, комплексное решение современных задач по контролю качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также автоматизации внутрилабораторной деятельности промышленных предприятий.
- Цифровые двойники Data Science.
- Тренажер дополненной реальности (AR).
- Система управления надежностью.

- Проекты с искусственным интеллектом
- А также будущие проекты:
- Цифровая логистика;
 - Умные инструменты и умная одежда (носимые устройства и интернет вещей);
 - Экзоскелеты;
 - Автоматизация Рутинных операций с помощью программных роботов (PRA);
 - Мобильная платформа для ТОиР
 - 3D-печать;
 - Роботы в лабораториях, ремонтных цехах, на складах, погрузке/разгрузке

Характеристика производственной системы

В 2016г. СИБУР объединил предприятия, расположенные в г. Тобольск, Тюменской области - «Тобольск-Нефтехим» и «Тобольск-Полимер» в отдельную бизнес-единицу – Тобольскую промышленную площадку. Расширение площадки планируется за счет ввода в эксплуатацию масштабного инвестиционного проекта – «ЗапСибНефтехима»: близкий к завершению проект (99%) мощностью 2 млн. т полиолефинов в год утроит мощности СИБУРа в сегменте ОиП.

Производственные мощности «СИБУР Тобольска» включают в себя центральную газофракционирующую установку по переработке широкой фракции легких углеводородов мощностью около 8 млн тонн в год, производство мономеров для выработки сжиженных углеводородных газов, бутадиена, изобутилена, а также метил-трет-бутилового эфира; производство полимеров для выработки полипропилена мощностью 500 тыс тонн в год; производство электротеплопарогенерации мощностью 665 МВт по электрической энергии и 2 585 МВт по тепловой энергии.

«СИБУР Тобольск» осуществляет прием и переработку широкой фракции легких углеводородов, которая поступает на предприятие по продуктопроводу с западносибирских газоперерабатывающих заводов СИБУР и других компаний. В дальнейшем на газофракционирующей установке сырье разделяется на отдельные фракции: пропан, бутан, изобутан и т. д. Вещества проходят дополнительные стадии переработки, после чего получают сжиженные углеводородные газы и мономеры – бутадиен и изобутилен, которые поступают на нефтехимические предприятия СИБУР. Изобутилен также используется «СИБУР Тобольском» для выработки метил-трет-бутилового эфира. Из пропана на полимерном производстве получают высококачественные марки полипропилена.

Затраты на ремонт и обслуживание ООО «СИБУР Тобольск» в прошлом году составили 2 711 млн руб. Затраты на регламентные работы (работы по рекомендациям завода изготовителя, которые прописаны в паспортах на оборудование) составили 95% совокупных затрат на ремонт. Остальные затраты пришлись на ремонты по техническому состоянию (по результатам диагностики состояния, осмотра и др. данных).

Газофракционирующее производство (ЦГФУ, отделение ГФ-1) предназначено для разделения методом ректификации нестабильного газового бензина.

Газофракционирующие мощности СИБУР – крупнейшие в России и являются очень важным звеном в производственной цепочке компании. Центральная газофракционирующая установка (ЦГФУ) «СИБУР Тобольска» с момента пуска в 1984 году перерабатывала около 2 млн тонн ШФЛУ в год. В результате реализации проекта по расширению транспортной инфраструктуры и газофракционирующих мощностей в июле 2016 г СИБУР завершил проект по реконструкции комплекса по переработке ШФЛУ Тобольской промышленной площадки: общие мощности по газофракционированию «СИБУР Тобольск» увеличены с 6,6 до 8 млн т/год. Более подробная информация по установке ЦГФУ имеется в прошлом кейсе.

Одним из основных способов получения МТБЭ является проведение селективного взаимодействия метанола с содержащимся в С4-фракциях изобутиленом в присутствии кислотных катализаторов. Причем этот процесс идет настолько селективно, что изобутилен

нет нужды выделять из сырьевых смесей, поскольку метанол реагирует только с изобутиленом. Это обстоятельство используется для удаления изобутилена из смесей «с пользой» – получением ликвидного продукта. Сырьем для предприятия «Тобольск-полимер» является пропан, который поставляется с газофракционирующих установок «СИБУР Тобольска».

Таблица 2.5.2.3

Производительность установок Тобольской промышленной площадки

Наименование установки	Год ввода/реконструкции	Проектная мощность	Достигнутая мощность (на 31.12.2017)	Использование мощности, %
			тыс. тонн/год	
Переработка широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) на Центральной газофракционирующей установке (установка ГФ-1)	1985/ 2007, 2009, 2011	3 800,0	7813,6	97,7%
Производство бутадиена	1987 / 2011, 2012	207,0	205,0	99,0%
Производство изобутилена	1997	83,0	58,3	70,3
Производство МТБЭ	1997 / 2011, 2014	155,0	156,6	101,0%
Производство пропилена	2013	510,0	493,0	96,67%
Производство полипропилена	2014	500,0	510,3	102,06%

Комплекс предприятия включает в себя два основных производства:

- производство дегидрирования пропана;
- производство полипропилена.

Производство дегидрирования пропана предназначено для получения пропилена дегидрированием пропана на платиновом катализаторе, проектной мощностью 510000 тонн в год.

В состав производства входят: установка (цех) дегидрирования; установка (цех) компримирования; установка (цех) ректификации; участок энергосредств.

Для производства дегидрированного пропана (пропилена) как готовой продукции и как мономера для полипропилена предусмотрен каскад производственных процессов для удаления излишних примесей: метанола, азотных компонентов, металлов, воды и тяжелых углеводородов из свежего пропанового сырья. Метанол удаляется из пропана, чтобы избежать образования окиси углерода в реакторах дегидрирования, который приводит к отравлению катализатора. Сырьё – пропановая фракция с отделения ГФ-1, ГФ-2 газофракционирующей установки, поступает на границу производства ДГП в жидком состоянии, затем подогревается до нужной температуры и поступает в промывочную колонну в газообразном состоянии.

В колонне пропан поднимается снизу-вверх, где из него с помощью циркуляционной воды вымывается метанол. Пропан без примесей метанола сверху промывочной колонны, направляется в адсорберы на очистку от азотных компонентов и металлов (узел осушки и обработки сырья).

После прохождения через адсорберы, очищенный от соединений азота, металлов, пропан направляется в коагулятор для удаления воды и тяжелых углеводородов. Удаление воды необходимо, так как ее присутствие в потоке пропана приведет к кристаллизации в системе сепарации.

Далее подготовленное горячее сырьё подается в реактор дегидрирования. Процесс дегидрирования пропана осуществляется на движущем слое платинового катализатора Oleflex. Катализатор Oleflex представляет собой шарики размером 1,6 мм и состоит из стабилизированной платины на оксидно-алюминиевом носителе. Катализатор также

содержит хлорид, который специально обработан для придания ему некаталитических свойств. Хлорид играет важную роль в регенерации катализатора. Горячий отходящий поток из реактора охлаждается, компримируется и направляется на осушку в секцию сепарации, где отходящий газ разделяют на рецикловый газ и жидкий продукт.

На узле селективного гидрирования происходит насыщение водородом диолефинов и ацетиленовых углеводородов, содержащихся в пропан-пропиленовой фракции. Эти соединения, преимущественно метил-ацетилен и пропадиен, образуются в реакционной секции. При накоплении эти вещества могут привести к загрязнению товарного пропилена. Они также могут повредить реакционную секцию при возврате в реакторы дегидрирования вместе с непрореагировавшим рециркуляционным пропаном. Далее жидкий продукт направляется на узел дезанизации, предназначенный для удаления этана и более легких соединений из пропан-пропиленовой фракции, что необходимо для обеспечения надлежащего качества чистоты товарного пропилена, а также для обработки рециркуляционного пропилена, поступающего из установки производства полипропилена. Кубовый продукт из этаноотгонной колонны поступает в пропан-пропиленовый разделитель. Пары, отводимые с верха пропан-пропиленового разделителя конденсируются. Часть жидкости возвращается в колонну в виде флегмы. Оставшаяся часть товарного пропилена направляется на производство полипропилена или на склад.

Реакция полимеризации пропилена на титан-магниево катализаторе лежит в основе промышленного получения полипропилена. Производство осуществляется на современной установке по получению полипропилена в газовой фазе по технологии фирмы «INEOS». Технология компании INEOS по производству полипропилена в газовой фазе представляет собой передовую и эксплуатационно-гибкую технологию, позволяющую получить широкий марочный ассортимент продукции высокого качества. ПП является комбинированным производством, в состав которого входят следующие установки:

- Установка полимеризации пропилена
- Установка экструзии полипропилена
- Установка фасовки, упаковки и отгрузки полипропилена

Описание технологической схемы установки полимеризации пропилена описано в прошлом кейсе.

В рамках масштабной цифровой трансформации СИБУР, которая обеспечит компании новый уровень эффективности благодаря модернизации производственных, организационных, бизнес-процессов и использованию последних достижений четвертой промышленной революции, на Тобольской площадке осуществляется внедрение значительного числа проектов.

Опыт «СИБУР Тобольска» уже насчитывает несколько успешных проектов цифровой трансформации. К примеру, установка онлайн-советчиков. На установке дегидрирования пропана на Тобольской промышленной площадке работает советчик, дающий прогноз производительности установки, учитывая постепенное загрязнение теплообменного оборудования, и подсказывающий оптимальные условия технологического режима. Кроме того, уже установлены сотни датчиков на трубах теплофикационной воды на установке пиролиза нового комплекса ЗапСибНефтехим. Беспроводные датчики позволили заменить регулярные обходы, во время которых аппаратчики вручную проверяли, что трубы не замерзли.

Также на площадке внедрена СУУТП. СУУТП самостоятельно контролирует показатели всей установки и ежеминутно в режиме 24/7 их перенастраивает, решая по заранее заложенному алгоритму одну из актуальных производственных задач. Оператор при наличии СУУТП остаётся в контролирующей роли. СУУТП позволяет не отвлекаться на регулярные отклонения, работает по заранее выбранному режиму в зависимости от текущего приоритета – это, например, качество продукта или его количество и экономия ресурсов. Система принимает верное решение в условиях неопределённости, радикально снижая

информационную нагрузку на оператора установки, и повышает уровень промышленной безопасности, митигируя риск влияния человеческого фактора.

Таблица 2.5.2.4

Перечень уже реализованных цифровых решений

Мероприятие	Описание
Предиктивное обслуживание экструдера на производстве полипропилена	Инструмент сокращает внеплановые остановки экструдера, так как реагирует на возможные проблемы до того, как они произошли. Система рекомендаций к параметрам имеет три режима: зелёный – штатная ситуация, жёлтый – необходимо усилить контроль, красный – необходима срочная корректировка работы оборудования. 75% отказов оборудования возможно предвидеть с помощью инструмента по результатам пилотного тестирования.
«Удаленный эксперт»: технология дополненной реальности (AR)	При ремонте часто требуется консультация вендора или квалифицированного эксперта. Чтобы его привезти на площадку, нужно потратить в среднем 72 часа, а это простой оборудования. Очки дополненной реальности дают возможность в течение нескольких часов, учитывая все согласования, получить консультацию эксперта, соответственно, сокращается время ремонта.
Приложения для обходов и заказа нарядов-допусков	Приложение для мобильных обходов оборудования избавит от кипы бумажных журналов, необходимости долго искать информацию о работе предыдущих смен, позволит оперативно собирать данные об оборудовании вблизи установок, а также в любое время покажет инструктаж по технике безопасности. Приложение для получения цифрового наряда-допуска уже обладает широким функционалом: предлагает выбрать параметры работ, зафиксировать схемы объекта, подтянуть мероприятия и возможные риски, выбрать ответственных, удалённо согласовать допуски с мобильного устройства. Получение согласования на некоторые виды работ благодаря приложению сократится с 2 дней до 15 минут. Благодаря электронному наряду-допуску на 16% увеличилось время полезной работы рабочих ремонтных бригад.
«Эконс» на производстве дегидрирования пропана и полипропилена	Визуализация зависимости экономического эффекта от технологического режима. Для поддержки операционной деятельности и принятия лучших решений по изменению технологического режима в реальном времени.
Интернет вещей (оснащение оборудования беспроводными датчиками)	Объединённая сеть объектов, способных взаимодействовать друг с другом и с внешней средой благодаря технологическим решениям. Для сбора производственных данных и создания аналитических моделей для улучшения работы оборудования и повышения прозрачности работы персонала.
Предиктивная аналитика на производстве ИИФ	Советчик для производства, работающий на основе Big Data. Для повышения производительности и выхода продукции, выявления и предотвращения причин остановок реактора дегидрирования изобутана из-за коксования.

Задание

1. Проанализировать производственные процессы ООО «СИБУР Тобольск» и выделить ключевые направления цифровизации в соответствии с программой Цифровой Трансформации СИБУР.

2. Проанализировать возможность внедрения системы мобильного технического обслуживания на рассматриваемом предприятии.

3. Обосновать дорожную карту цифровой трансформации ООО «СИБУР Тобольск» с указанием очередности внедрения по критериям рациональности, безопасности, тиражируемости и экономической эффективности не менее 3 проектов, в том числе системы мобильного технического обслуживания.

4. Дать оценку рисков внедрения мероприятий.

5. Оцените влияние предлагаемого решения на энергоэффективность основного технологического процесса. Какие решения (технические, организационные мероприятия) применимы для повышения энергоэффективности основного технологического процесса? Приведите расчет величины достигаемой экономии.

2.6 ЦИФРОВОЙ АТОМ

2.6.1 Ц2019О ЦТ «От инновационных систем к цифровым технологиям»

В условиях реализации стратегии цифровизации требуется подготовка проекта внедрения средств программной роботизации, реализация оценки рисков проекта и расчета экономических показателей.

Единая цифровая стратегия ГК «Росатом»

ГК «Росатом» – один из основных участников построения цифровой экономики России - является Центром компетенций государственной программы «Цифровая экономика РФ» по направлению «сквозных» цифровых технологий, таких как:

- новые производственные технологии;
- большие данные;
- квантовые технологии связи;
- технологии виртуальной и дополненной реальностей.

План реализации национальной программы «Цифровая экономика РФ» предполагает утверждение в 2019 году не менее 10 стратегий цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. «ГК «Росатом», находясь в авангарде движения, одной из первых создала свою полноценную цифровую стратегию, что стало важнейшим шагом к ускорению цифровой трансформации отрасли, обеспечению импортозамещения, выполнения обязательств перед государством в рамках реализации национальной программы и разработки продукции гражданского назначения предприятиями оборонно-промышленного комплекса.

Стратегия нацелена в первую очередь на решение внутренних проблем атомной отрасли, среди которых дефицит систем сбора и анализа данных для принятия решений; слабая коммуникация между дивизионами; риск остановки производства в случае ограничений или отзыва лицензий на импортное ПО, а также неэффективное использование рабочего времени и кадрового потенциала из-за недостатков корпоративных ИТ-приложений и нехватки цифровых знаний у сотрудников.

Приоритетные направления стратегии включают: цифровизацию основных внутренних процессов и функций корпорации; разработку и вывод на рынок цифровых продуктов ГК «Росатом»; участие в развитии цифровой экономики, в частности - создание инновационных центров по сквозным технологиям. Важным элементом Единой цифровой стратегии является сотрудничество с другими крупными компаниями и корпорациями, работающими над развитием и внедрением цифровых технологий, образовательными учреждениями, компаниями ИТ-рынка, институтами развития, органами государственной власти, занимающимися вопросами цифровой экономики на федеральном и региональном уровнях, и другими участниками процесса цифровизации как в Российской Федерации, так и на мировом рынке.

Комплекс программ цифровизации, необходимых для осуществления стратегического перехода от текущего состояния системы к целевому, включает следующие:

- Реинжиниринг и цифровизация процессов сооружения АЭС,
- Цифровое импортозамещение,
- Цифровой двойник и прорывные технологии,
- Цифровизация основных процессов и корпоративных функций,
- Цифровые продукты, экосистемы разработчиков и партнеров,
- Маркетинг и образ «Цифровой ГК «Росатом»,
- Архитектура, инфраструктура. Пользовательский опыт,
- Информационная безопасность и эффективность процессов,
- Цифровые компетенции и культура,
- Организационные изменения в рамках цифровой трансформации.

Роль и место чат-ботов в эпоху цифровых коммуникаций

Новые способы коммуникации породили новые виды интерфейсов, основанные на визуальных образах, с которыми можно взаимодействовать, например, при помощи жестов. Однако, несмотря ни на что, некоторые вещи по-прежнему остаются неизменными, и это, прежде всего, язык и речь как средство передачи информации между носителями языка. Речь, как известно, бывает устная и письменная, и в обеих формах в рамках цифровой коммуникации речь сегодня переживает подлинный ренессанс.

В устной речи участниками коммуникации со стороны компьютера являются так называемые цифровые помощники, за возможностями которых подчас скрываются гигантские мощности целых корпораций, или уж как минимум, международных компаний. В письменной же речи участниками коммуникации с этой стороны выступают так называемые чат-боты.

Чат-бот – это компьютерная программа, способная общаться или имитировать общение в режиме письменного (а точнее сказать, печатного) диалога.

Чат-боты используются для решения самых разных задач, среди которых можно выделить следующие:

- техническая поддержка;
- продажа товаров в интернет-магазине, консультация;
- взаимодействие при получении госуслуг;
- образование;
- игры и развлечения;
- управление комплексными системами и многие другие.

В чём же ценность чат-ботов? Почему они так полезны? Прежде всего потому, что они позволяют разгрузить восприятие, давая человеку возможность привычно взаимодействовать с субъектами коммуникации в интерактивном режиме. Чат-боту можно задать вопрос и тут же получить на него ответ, что избавляет от необходимости самостоятельного поиска этого ответа в массивах информации. В этом смысле чат-бот подобен информационно-поисковой системе, однако ценность его может быть ещё выше. Поскольку процесс коммуникации с чат-ботом интерактивный, как с живым человеком, это позволяет заинтересовать пользователя в продолжении коммуникации и повысить степень его вовлечения. Грамотно организованный чат-бот может стать эффективным инструментом продаж.

Важно отметить, что чат-боты можно разделить на две категории, которые мы условно назовём «командные» и «интеллектуальные». К первым можно отнести таких ботов, взаимодействие с которыми происходит посредством передачи чётких и вполне конкретных команд. Бот получает команду, состоящую из определённого набора слов, и либо исполняет её, либо сообщает, что команда не найдена/не распознана. Это очень похоже на традиционное взаимодействие с компьютером через командную строку, в сущности, это оно и есть, а чат-бот в таком варианте выступает как своего рода посредник между пользователем и сервером, частью которого этот чат-бот часто является. Иное дело – «интеллектуальные» чат-боты, которые способны общаться с пользователем, воспринимая его речь, и реагируя соответствующим образом. Такие чат-боты сегодня являются наиболее интересными и перспективными.

Как это происходит с технической точки зрения? Для того чтобы бот мог адекватно реагировать на реплики собеседника, он должен хотя бы в первом приближении понимать его. Задача сделать чат-бота понимающим собеседника – довольно сложная, так как необходимо распознавать его речь, вычленять из неё нужные смыслы и сопоставлять полученную информацию с уже имеющейся. В этом и состоит суть интеллектуальной работы субъекта в процессе коммуникации. И если люди способны играючи справиться с такой задачей, то для робота она долгое время была вообще непосильна.

Только за последний, достаточно короткий, если смотреть в исторической перспективе, период появились технологии и методы, позволяющие если не полностью

достичь, то хотя бы приблизиться к этому. К ним, прежде всего, относятся NLP-системы – системы обработки естественного языка. Работает это следующим образом: некий текст разделяется на предложения, каждое из которых в свою очередь разделяется на отдельные части, выделяются слова, соединяющие их знаки и т. д. Формируется набор так называемых токенов – то есть, базовых единиц, несущих некоторый элементарный смысл. Вычленяются их признаки, проводится анализ, одним из важнейших этапов которого является морфологический разбор каждого слова, что позволяет сделать его лемматизацию – приведение к исходной форме. Затем, основываясь на информации, полученной на предыдущем этапе, система делает синтаксический разбор, формируя так называемые абстрактные синтаксические деревья – форму представления отдельных частей предложения и связей между ними, которые на этом этапе становятся более очевидными и понятными.

Существует два основных подхода при создании синтаксического парсера:

1. Метод, основанный на правилах (rule based).
2. Машинное обучение с учителем (supervised machine learning).

Первый метод является по сути своей механическим, хотя опираться он может на довольно сложные алгоритмы.

Второй же метод подразумевает использование нейросетей, и для сложного анализа текстов является в настоящее время наиболее перспективным. Давая машине для обучения множество текстов, для которых уже есть размеченные данные, машину учат читать, примерно так же как учились когда-то читать в школе и в детском саду мы с вами.

На этом пути удалось уже многого достичь – так, нейросеть GPT-2 от OpenAI благодаря такому подходу уже умеет сочинять тексты, которые выглядят вполне осмысленно. Существует множество технологий, таких как движок NLP Architect от Intel, который не так давно был открыт и выложен в свободный доступ для всех, желающих обучить собственные нейросети.

Проанализировав базовые элементы текста, становится возможным найти связи между ними, определить стоящие за ними смыслы, определив намерения (интент) пользователя на основе отправленного им текста и сформировать адекватный ответ, который мог бы данное намерение удовлетворить. Удовлетворение потребности и является конечной целью чат-бота. С этой целью предлагается ряд рекомендаций как технического, так и организационного характера, выполнение которых потенциально позволяет повысить степень удовлетворённости пользователя от общения с чат-ботом.

И так, бот должен:

1. понимать, что от него хотят и отдавать максимально релевантный ответ;
2. уметь поддерживать беседу на свободные темы;
3. запоминать ранее указанную пользователем информацию;
4. уметь автоматически вычленять из текста наиболее часто встречающиеся сущности;
5. уметь обучаться, делать выводы, предсказания, предвидения (особенно, очевидных вещей);
6. по возможности иметь неформальный тон общения (насколько позволяет цель и контекст использования);
7. предлагать в сообщениях элементы, упрощающие понимание и ускоряющие доступ к нужным функциям (ссылки для перехода в нужный раздел, кнопки для вызова нужного действия и т. д.);
8. выдавать сообщения с оптимальной для чтения скоростью, не создавая информационной перегрузки на пользователя;
9. чётко разъяснять пользователю свой статус, задачи и возможности;
10. при необходимости уметь передать информацию дальше для обработки естественным интеллектом.

Соблюдение данных рекомендаций позволит сделать взаимодействие пользователей с вашим чат-ботом максимально результативным, что будет способствовать повышению производительности труда и лояльности клиентов.

Представление технических требований

Чат-бот предназначен для оказания услуг по предоставлению информации, а также формированию взаимодействия с пользователями - сотрудниками подразделений - в электронном виде в рамках организации внутрикорпоративных процессов. Доступ пользователей к электронным услугам внутрикорпоративной сети, реализованным на базе чат-бота, должен осуществляться через Web-форму или клиентом на базе платформа Android или Apple. Доступ руководителей подразделений, а также администраторов чат-бота для получения отчётов должен осуществляться через Web-форму на внутрикорпоративном портале «ГК «Росатом» через автоматизированные рабочие места сотрудников. При этом платформа, на которой сделан чат-бот, должна обеспечивать защиту персональных данных пользователей, пользующихся ее функционалом в соответствии с Федеральным законом РФ от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных».

Целью внедрения данного инструмента «чат-бота» - является функциональность по предоставлению внутрикорпоративных сервисов сотрудникам ГК «Росатом». Пилотным проектом определен перевод в электронный вид всех услуг и внутрикорпоративных сервисов ГК «Росатом» на технологию автоматических ассистентов.

Итоговой задачей сформулировано создание небольшой RPA-системы (программного робота), который позволяет автоматизировать сбор данных из корпоративных ресурсов ГК «Росатом», а также позволит анализировать всю поступающую информацию от пользователей.

Требования к интеграции и структуре

Чат-бот должен быть адаптируемым и в перспективе интегрирован во внутрикорпоративную систему ГК «Росатом». В процессе обработки данных, заявок от пользователей, должны формироваться хранилища в корпоративной системе, а также автоматически создаваться необходимые отчеты. Чат-бот и система отчетности для него должны состоять из следующих основных модулей, отвечающих за свои направления и взаимодействующих друг с другом (рисунок 2.6.1.1):

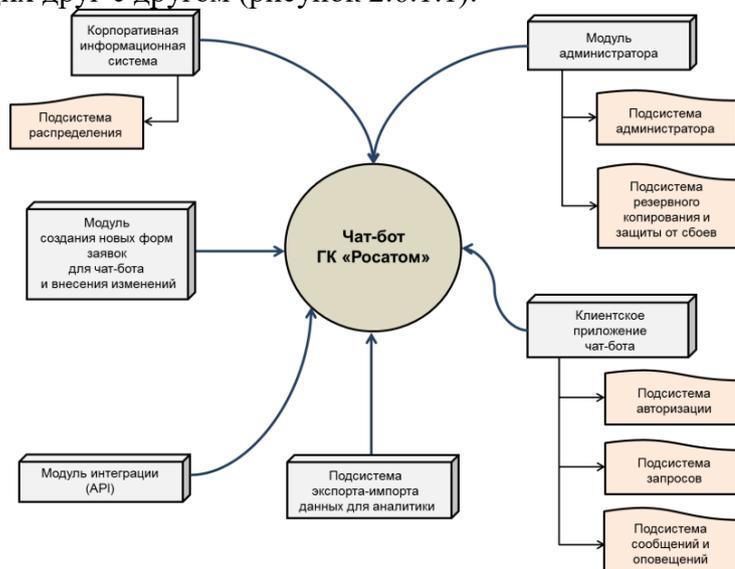


Рисунок 2.6.1.1 – Интеграция чат-бота в структуру ГК «Росатом»

1. Модуль администратора, содержащий инструментарий по администрированию чат-бота, его компонентов, функций, процессов; инструментарий по добавлению новых заявок и команд, инструментарий по администрированию учетных записей пользователей, инструментарий по организации и администрированию процесса взаимодействия с другими сервисами корпорации. Модуль включает в себя следующие подсистемы:

- подсистема администратора, содержащая инструментарий по администрированию платформы, ее компонентов, функций, процессов; инструментарий по добавлению новых услуг, а также инструментарий по администрированию учетных записей пользователей - сотрудников корпорации.

- подсистема резервного копирования и защиты от сбоев – отвечает за регулярное резервное копирование базы данных сообщений чат-бота, предотвращение сбоев и оперативное восстановление работоспособности платформы для чат-бота после критических сбоев.

2. Раздел корпоративной информационной системы для просмотра и поиска данных по заявкам от пользователей, содержащий функционал по регистрации и обработке поступающих данных. Включает в себя следующую подсистему распределения – отвечает за предоставление ответственным сотрудникам возможности обработки заявок от пользователей.

3. Модуль создания новых форм заявок для чат-бота и внесения изменений в имеющиеся данные по ним с учетом специфики утвержденных регламентов предоставления информационных услуг в корпорации.

4. Клиентское приложение чат-бота для корпоративных пользователей, содержащее функциональность по организации взаимодействия с внутренними подразделениями корпорации, включает в себя следующие возможности:

- подсистема авторизации в клиентском чат-приложении – отвечает за предоставление пользователям возможности авторизации в программе для запроса внутрикорпоративной информации по основным услугам. Подсистема должна использовать корпоративные учетные записи пользователей.

- подсистема запросов чат-бота отвечает за вывод пользователям соответствующих по выбранному запросу типов заявок и возможных команд.

- подсистема сообщений и оповещений отвечает за отправку сообщений и оповещений в клиентском приложении зарегистрированным корпоративным пользователям чат-бота об изменении статуса по запросу, по факту поступления новых заявок, сообщений от других сотрудников.

5. Модуль интеграции платформы с другими корпоративными информационными системами (API) ГК «Росатом».

6. Подсистема экспорта-импорта данных для аналитики

Платформа для чат-бота должна быть активна круглосуточно и ежедневно. Для ее штатного обслуживания не должно требоваться больше 2-3 человек. Платформа должна работать бесперебойно, должна содержать механизмы по автоматическому восстановлению функционирования в случае критического сбоя в работе ее компонентов.

Необходимо внедрить функционал для создания новых заявок, которые могут оформлять пользователи посредством чат-бота, предоставляемых в электронном виде, совместимых с корпоративным сайтом ГК «Росатом».

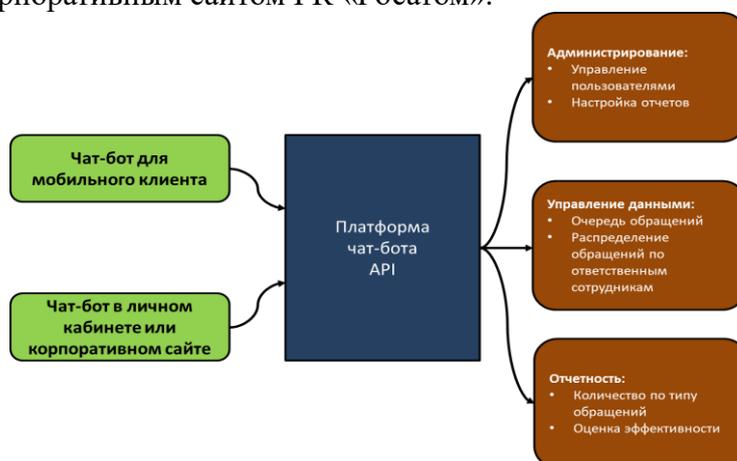


Рисунок 2.6.1.2 – Схема интеграции чат-бота

Все компоненты системы должны находиться в едином информационном пространстве в дата-центре ГК «Росатом» и только на территории Российской Федерации, а информация должна храниться в базе данных под управлением СУБД PostgreSQL или MongoDB актуальных версий.

UX (Интерфейс) клиентского приложения

Пользовательский интерфейс клиентского приложения чат-бота должен отвечать современным требованиям к эргономике и технической эстетике.

Внутренний пользовательский интерфейс чат-бота должен обеспечивать пользователю возможность свободно ориентироваться в списке, распознавание команд для создания заявок при получении внутренних услуг и соответствие следующим требованиям:

1. Однозначно понимаемое назначение названий пунктов команд и меню (функциональных элементов интерфейса) или их графических изображений клиентского приложения для чат-бота.

2. Отсутствие англоязычных терминов в элементах интерфейса.

3. Группировка элементов интерфейса по типу предоставляемых сервисов ГК «Росатом».

4. Четко сформулированные и понятные пользователю сообщения об ошибках.

5. Цветовая гамма, выдержанная в спокойных тонах, не раздражающих пользователя.

Пользовательский интерфейс клиентского приложения чат-бота должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Адекватно отображаться в зависимости от типа операционной системы пользователя: Android, Apple, Windows, Linux (GNOME или KDE).

2. Обеспечивать высокую скорость загрузки сообщений, достигаемую в результате оптимизации работы с командами.

3. Обеспечивать минимум усилий и временных затрат пользователя для формирования команд при доступе к внутренним сервисам ГК «Росатом».

4. Корректно отображаться при различных разрешениях и количестве одновременно отображаемых цветов монитора.

5. Сохранять идентичность отображения на большинстве современных операционных систем и Web-браузерах (Internet Explorer, начиная с версии 10.0 и до текущей версии; Mozilla Firefox, начиная с версии 60.0.2 и до текущей версии; Opera, начиная с версии 9 и до текущей версии; Google Chrome начиная с версии 1.0.154.59).

6. Обеспечивать приемлемый результат при обработке запросов.

7. Содержать исчерпывающий набор списка команда для эффективного взаимодействия с чат-ботом.

Основные правила чат-бота

1. Чем меньше действий бот требует от пользователя, тем лучше. Польза от бота в том, что он «делает лишние шаги» за пользователя, а не заставляет его делать больше. Поэтому стоит максимально автоматизировать действия и привязывать сообщения к контексту.

2. Чем меньше сообщений поступает от бота – тем лучше. Пользователю нужно давать контекст для дальнейших действий, при этом объем информации по возможности не должен заставлять пользователя искать объяснения «где-то выше в переписке».

3. Чем активнее бот предугадывает потребности пользователя, тем лучше. Например, если пользователь планирует найти гостиницу в другом городе, боту стоит быть проактивным и предложить лучшие варианты по соотношению цена/рейтинг и т.д. Если пользователь совершил ошибку в действиях – рассказать ему о ней, если пользователь прервал действие – подсказать, какими могут быть его дальнейшие шаги.

Администрированием платформы чат-бота должны заниматься специалисты с уровнем знаний системного администратора, начальными знаниями в программировании и системном администрировании, начальными знаниями в администрировании баз данных, опытом в интеграции программных продуктов и платформы, а также обладающие опытом в

постановке задач по доработке и улучшению внедренных программных продуктов и платформы.

Серверное оборудование и все компоненты платформы для чат-бота должны работать без сбоев круглосуточно и ежедневно за исключением случаев, когда необходимо произвести регламентные или профилактические работы на серверном оборудовании, либо предстоят технические работы, в результате которых произойдет отключение электроснабжения серверного оборудования.

Платформа для чат-бота должна обладать функцией мягкой остановки своей работы с закрытием активных подключений, сохранением информации, остановкой соответствующих служб и переходу в режим ожидания выключения или перезагрузки. По завершению регламентных работ, платформа с помощью предусмотренной функции должна возвращаться к штатной работе, восстанавливая работу своих служб и компонентов.

Защита информации на платформе, которая обрабатывает данные от чат-бота должна быть реализована как на уровне доступа к данным, так и на уровне передачи информации по каналам связи.

Для выполнения требования по сохранности информации при авариях на технической площадке ГК «ГК «Росатом»» должно быть реализовано периодическое регламентированное архивирование дампа базы данных и регулярное архивирование разделов файловых систем, на которых развернуты компоненты системы.

После сбоя серверной операционной системы или СУБД в процессе выполнения пользовательских задач должно быть обеспечено восстановление данных в БД до состояния на момент окончания последней корректно завершённой перед сбоем операции.

Способы защиты информации от несанкционированного доступа

1. Разграничение прав доступа на уровне пользователей и групп пользователей к разделам и функционалу платформы, которая обеспечивает доступ к отчетности (идентификация и проверка подлинности пользователя при входе в систему по паролю условно-постоянного действия длиной не менее 6 буквенно-цифровых символов). Пользователи этого раздела должны авторизоваться, используя корпоративную учетную запись.

2. Работа в системе управления заявками чат-бота и процессы просмотра состояния статусов должны осуществляться по протоколу HTTPS (SSL). В разделах, предусматривающих ввод информации, необходима система фильтрации вводимых данных.

3. Информация о персональных данных сотрудников корпорации, направляющих заявки, заявления в электронном виде, должна храниться и обрабатываться с соблюдением требований российского законодательства о персональных данных (Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных»).

4. Сервер с платформой чат-бота должен располагаться только на территории Российской Федерации.

Функциональные задачи

Чат-бот должен обладать возможностью работать с внутренними заявками сотрудников, а также осуществлять оповещение сотрудников компании о необходимых новостях.

Должен поддерживаться стандартный набор команд, который понятен пользователю.

Система авторизации в чат-боте должна осуществляться только с помощью корпоративных учётных записей. Если пользователь не авторизован, то, при выборе электронной услуги с помощью команд чат-бота, предоставляемой с его помощью, необходимо переадресовать его на форму авторизации, а после авторизации вернуть к тому типу запроса, который он изначально выбрал.

Введенная команда в чат-боте или выражение производит генерацию автоматического диалога пользователя с платформой для формирования заявки в соответствующее подразделение корпорации.

Чат-бот должен обладать функцией:

- рассылки напоминаний: бот напоминает пользователю о необходимых действиях: например, освежить изученный материал, сдать задание, прийти на семинар, пока пользователь не выполнит задачу;

- уведомления о новой информации: бот отправляет новую информацию по интересующей пользователя тематике.

Функционал по просмотру отчетов администраторами и ответственными сотрудниками должен быть следующим:

web-форма должна выводить пользователю набор полей, описанных далее по тексту в виде табличной формы;

- у формы вывода информации о пользователя, использующих чат-бот, должна быть ссылка «вывод на печать», позволяющая распечатать информационный талон со всеми необходимыми данными.

Техническая реализация

Платформа должна быть реализована только на базе открытого бесплатного программного обеспечения с исходным кодом. Предполагаемой платформой для реализации чат-бота может служить Rocket.Chat, Riot.im или любой другой.

Внедрение платформы для чат-бота может повлечь за собой предъявления специальных технических требований к установленному в ГК «Росатом» оборудованию. Интерфейс клиентского приложения должен поддерживаться следующими ОС: Android, Apple, Windows, Linux (интерфейсы GNOME и KDE)

Создание платформы по обработке команд пользователей должно быть реализовано на языке программирования Python, Java или на любом другом высокоуровневом языке. База данных для работы с обработкой команд пользователей должна быть PostgreSQL последней актуальной версии, MongoDB, SQLite или любая другая с открытым исходным кодом. Клиентское приложение может быть создано на любом из языков программирования, чтобы оно поддерживалось на вышеописанных операционных системах (рисунок 2.6.1.3).

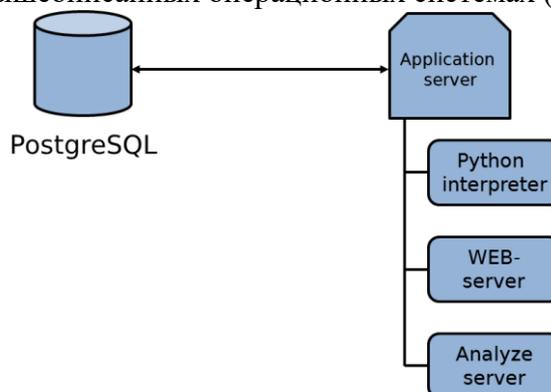


Рисунок 2.6.1.3 – Примерная структура взаимодействия сервисов чат-бота

Реализация платформы по обработке запросов пользователей

Python. При использовании языка программирования Python стоит учитывать, что он обладает набором библиотек для анализа морфологических фраз:

Примеры библиотек:

- Небольшая библиотека для применения ИИ в Telegram чат-ботах,
- Библиотека ListBot.

При использовании языка Python необходимо соблюдать стиль PEP8 (рисунок 2.6.1.4)

```

class Rectangle(Blob):
    def __init__(self, width, height,
                  color='black', emphasis=None, highlight=0):
        if width == 0 and height == 0 and \
            color == 'red' and emphasis == 'strong' or \
            highlight > 100:
            raise ValueError("sorry, you lose")
        if width == 0 and height == 0 and (color == 'red' or
            emphasis is None):
            raise ValueError("I don't think so -- values are %s, %s" %
                (width, height))
        Blob.__init__(self, width, height,
                      color, emphasis, highlight)

```

Рисунок 2.6.1.4 – Пример оформления кода

Лингвистические особенности обработки запросов пользователей

Для реализации чат-бота используют логику цепей Маркова. Цепь Маркова – череда событий, в которой каждое последующее событие зависит от предыдущего

Запросы пользователей должны выбираться путём морфологического анализа, когда из запроса, введенного пользователем, выделяются основные слова для запроса.

Морфологический анализ – это получение леммы или основы (псевдоосновы) заданного токена, а при необходимости, морфологических параметров.

Типы запросов пользователей чат-бота (рисунок 2.6.1.5):

- Обращения общего характера: сотрудника интересует справочная информация о том, как добраться в пункт командирования или каков среднеотраслевой уровень оплаты труда по профессиональной группе. 90% таких обращений приходятся на десяток типичных вопросов. То есть ответы на них отлично автоматизируются.

- Юридические запросы и консультации: 80% таких запросов преследуют одну цель – предоставить подробную детализацию запроса по нему.

- Нестандартные запросы: как правило, они связаны с человеческим фактором на стороне клиента. Например, он забыл пароль для входа в личный кабинет, при этом у него сменился номер телефона и адрес электронной почты.

Бот поиска документов по закупкам	Корпоративный бот
<p>Приказ Госкорпорации Росатом от 27_06_2017 N 1 577-П</p> <p>Приказ ГК Росатом № 1/411-П от 10.05.2017 "Об утверждении Единых отраслевых методических указаний по приемке оборудования для АЭС"</p> <p>Приказ ГК Росатом № 1549-П "Об утверждении Единого отраслевого порядка по управлению несоответствиями"</p> <p>Приказ ГК Росатом № 1/495-П от 06.06.2017 "Об утверждении Единого отраслевого порядка по подготовке систем менеджмента организаций - участников международных проектов к сертификации"</p>	<p>/директорат – информация о руководстве компании /закупки – информация по закупкам /отпуск – как пойти в отпуск /кадровая политика – всё о вашей карьере</p> <p>Лихачёв Алексей Евгеньевич Генеральный директор Госкорации «Росатом»</p> <p>Каменских Иван Михайлович Первый заместитель генерального директора</p>
<p>Введите запрос:</p> <p>Приказ</p>	<p>Введите запрос:</p> <p>/директорат</p>

Рисунок 2.6.1.5 – Пример прототипа ботов

Задание

1. Реализовать прототип чат-бота, способного:

- вести диалог на естественном языке;
- распознавать запросы пользователей на получение данных из корпоративных систем;
- получать данные средствами программных роботов (RPA);
- отдавать полученные данные в виде диалога с помощью средств обработки естественного языка

2. Определить показатели экономической эффективности внедрения в корпоративный процесс локального цифрового решения (интеграция чат-бота).

3. Дать оценку рисков внедрения в корпоративный процесс локального цифрового решения (интеграция чат-бота).

2.7 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

2.7.1. Э2017О «Быстринская энергия»

В рамках кейса необходимо провести анализ потребности Быстринского ГОКа в электрической энергии и разработать схемы внутреннего электроснабжения предприятия до момента подключения к ЕЭС.

Электроснабжение горно-обогатительных комбинатов

При проектировании системы электроснабжения горных предприятий существует комплекс требований, которые необходимо учитывать. Например, должно обеспечиваться соответствие степени резервирования электроснабжения горных предприятий установленным правилам устройства электроустановок категориям по надежности электроснабжения, экономичность и надежность всех элементов энергосистемы, высокое качество электроэнергии (соблюдение уровней отклонений и колебаний напряжения, стабильности частоты), обеспечение требуемого количества электроэнергии, максимальное приближение источников питания к центрам электрической нагрузки.

Горные предприятия имеют две системы электроснабжения: внешнюю и внутреннюю. К первой относятся линии электропередачи от выводов районной понижающей подстанции до вводов на шины главной понижающей подстанции (ГПП) предприятия. Электроэнергия на ГПП подводится на напряжение 6, 10, 35, 110 и/или 220 кВ. При этом отдается предпочтение более высоким напряжениям, т. к. при подводе на ГПП 35, 110 или 220 кВ снижаются потери электроэнергии из-за уменьшения числа ступеней трансформации и используемых аппаратов. При этом, как правило, вглубь предприятия к подстанциям глубокого ввода 110-220 кВ (ПГВ), которые располагаются непосредственно у наиболее крупных узлов потребления электроэнергии, подводится одна или несколько двухцепных воздушных линий электропередачи. На предприятии обычно сооружается не менее двух подстанций ПГВ с установкой на каждой из них двух трансформаторов и нагрузкой каждого в нормальном режиме на 70-80% их номинальной мощности. Небольшие предприятия имеют одну подстанцию ГПП (ПГВ).

Схема коммутации ГПП должна обеспечивать отдельную работу питающих линий электропередачи (ЛЭП) и трансформаторов при нормальном режиме работы. Их параллельная работа допустима только на время ликвидации аварии в системе электроснабжения. Поэтому каждая из питающих ЛЭП рассчитывается на полную нагрузку предприятия.

К системе внутреннего электроснабжения относятся одна или несколько ГПП (ПГВ), комплектных трансформаторных подстанций КТП, передвижных трансформаторных подстанций ПТПА или ПКТП, мачтовые трансформаторные подстанции МТП, карьерные распределительные сети до и выше 1000 В, передвижные распределительные пункты, переключательные пункты и токоприемники.

Электроснабжение горных предприятий должно производиться не менее чем по двум питающим ЛЭП независимо от уровня напряжения. Расчет каждой ЛЭП производится исходя из условия, что при выходе из строя одной из них оставшаяся в работе ЛЭП обеспечит (при максимально допустимых потерях напряжения) нормальную работу всех электроприемников шахты или 60-80% электроприемников открытых разработок.

При выборе схем электроснабжения ГОКов необходимо учитывать мощность, напряжение и размещение электроприемников предприятия, удаленность источников электроснабжения и требуемую надежность, а также гибкость в эксплуатации и перспективы развития предприятия.

Электроснабжение горных предприятий также имеет ряд специфических особенностей, связанных с необходимостью работы на открытом воздухе в различных климатических условиях и природных зонах, значительными по величине территориями разработок, рассредоточенностью электроприемников, повышенной вибрацией почвы в результате ведения горных работ (бурение, взрывные работы, экскавация,

транспортировка), широким диапазоном изменения величин мощности и напряжения и другими факторами. Основные потребители ГОКа представлены в таблице 2.7.1.1.

Таблица 2.7.1.1

Основные потребители электроэнергии горно-обогатительного комбината

Уровень напряжения	Потребители
Напряжение до 1000 в (0,4/0,23 кв)	Электродвигатели производственных механизмов мощностью до 250 кВт: дробилки, питатели, конвейеры, магнитные сепараторы, насосы, вентиляторы, освещение.
Напряжение 6-10 кв	Электродвигатели мощностью более 250 кВт: мельницы, конвейеры, насосы, эксгаустеры, дымососы, приводы обжиговых печей, экскаваторы.

Электроснабжение ГОКов со значительным энергопотреблением и удалением электроприемников от РПС, осуществляется по воздушным ЛЭП 35-220 кВ. В таком случае для приближения источников питания (подстанций) к источнику нагрузок сооружаются две и более ГПП с первичным напряжением 35-220 кВ.

Современные ГОКи с большой производственной мощностью и рассредоточением энергопотребителей питаются от РПС по ВЛ напряжением 110-220 кВ. По этой схеме на территории промплощадки сооружают ГПП на два вторичных напряжения 35 и 6 кВ. От шин 6 кВ питаются ЭП промплощадок и другие близко расположенные электроприемники, а от шин 35 кВ – ЭП удаленных участков. Такая схема применима также для питания нескольких горных предприятий, территориально близко расположенных друг от друга. Распределение энергии между горными машинами происходит по магистральным, радиальным и комбинированным схемам электроснабжения.

Потребителями электрической энергии на промышленных площадках горных предприятий являются ЭП железнодорожных бункеров, обогатительных фабрик или комплексов переработки, котельных, резервных складов продукции, электромеханических мастерских, бытовых комбинатов, монтажных площадок, подстанций, систем освещения и других вспомогательных сооружений.

При незначительной мощности потребителей электроэнергии на промплощадках и отсутствии ЭП напряжением 6 кВ питание этих потребителей осуществляется непосредственно от шин 0,4 кВ ГПП или от другой подстанции, расположенной недалеко от поверхностных объектов. Электроснабжение промплощадок, имеющих электроприемники значительной мощности напряжением 0,4 и 6 кВ, осуществляется от шин 6 кВ ГПП. Непосредственно на самой промплощадке сооружаются РУ-6 кВ и подстанции 6/0,4 кВ, которые располагают в центре нагрузки в отдельном здании или в блоке со зданием объектов.

При большой электрической мощности объектов поверхности и значительном удалении от ГПП, а также при электроснабжении горных работ от ПКТП-35-110/6 на промплощадке предусматривается сооружение подстанций 35-110/6 кВ, от которых и питаются потребители технологического комплекса и промплощадок ГОКов.

Быстринский ГОК

Быстринское месторождение находится на территории Газимуро-Заводского района Забайкальского края. Ближайшими населенными пунктами являются поселок Новоширокинский в 14 км к северо-востоку и районный центр – поселок Газимурский Завод в 25 км к северо-западу.

Планируемый срок начала освоения месторождения и ввода его в эксплуатацию – IV квартал 2017 г. Вводимые запасы месторождения – 294,5 млн тонн руды. На полную проектную мощность (10 млн т руды в год) он должен выйти в 2020 г. (таблица 2.7.1.2)

Таблица 2.7.1.2

Динамика ввода мощностей Быстринского ГОКа

Мощность производства, тыс. тонн	Период			
	2017	2018	2019	2020
	2 500	5 000	7 500	10 000

В состав Быстринского ГОКа войдут различные производства, обеспечивающие технологический процесс получения конечной продукции (таблица 2.7.1.3 – 2.7.1.4).

Таблица 2.7.1.3

Состав основных производств Быстринского ГОКа

Наименование	Описание
Карьер	Предусматривает применение дизельного горного оборудования, что обеспечивает высокую мобильность и автономность: буровые, экскаваторы, самосвалы, др.
Комплекс подготовки руды	Основными потребителями комплекса являются электроприводы дробилок, мельниц, вентиляторов 10 кВ, а также электроприводы 0,4 кВ системы транспорта, насосов, кранов, станков.
Обогатительная фабрика	Назначение – переработка и обогащение золото-железо-медных руд с получением трех видов готовой продукции.
Хвостовое хозяйство	Транспортировка, укладка неиспользуемых отходов обогащения и обеспечение обратного водоснабжения обогатительной фабрики с использованием системы (электрических) насосов и помп.
Карьерный водоотлив	Все установки карьерного водоотлива являются электроприемниками. Также имеются резервные дизельные насосы.
Водохранилище	Насосное оборудование и очистные сооружения, включающие отстойник и систему фильтрации. Все установки являются электроприемниками.
Цех сушки концентрата	Обеспечивает процесс обезвоживания материала. Питание тепловой сушки осуществляется за счет электроэнергии.
Вахтовый поселок	Расчитан на одновременное проживание более 1175 человек.

Таблица 2.7.1.4

Перечень электропотребителей Быстринского ГОКа

№	Электроприемники	Расчетная электрическая нагрузка, МВт			
		Период развития			
		2017	2018	2019	2020
1.	Комплекс подготовки руды	5,0	10,0	15,0	20,0
2.	Обогатительная фабрика	27,5	55,0	82,5	110,0
3.	Хвостовое хозяйство	2,5	5,0	7,5	10,0
4.	Карьерный водоотлив	7,5	15,0	22,5	30,0
5.	Водохранилище	2,0	4,0	6,0	8,0
6.	Цех сушки концентрата	4,0	8,0	12,0	16,0
7.	Вахтовый поселок	1,0	2,0	3,0	4,0
8.	Котельная	0,3	0,3	0,6	0,6
	ИТОГО	49,8	99,3	149,1	198,9

Задание

1. Составить перечень типов и количества электроприемников объектов внешней и внутренней инфраструктуры Быстринского ГОКа на период обустройства. Определить состав потребителей, питающихся от системы внутреннего электроснабжения ГОКа.

2. Рассчитать электрическую нагрузку комбината на период обустройства в 2017 г., построить график роста электрической нагрузки комбината во времени. Определить приоритетность и очередность подключения потребителей к системе электроснабжения.

3. Выбрать технологические площадки центров питания ТП и РП на территории комбината. Выбрать силовое оборудование для системы внутреннего электроснабжения. Разработать схему внутреннего электроснабжения Быстринского ГОКа на период обустройства, до момента подключения к ЕЭС/ОЭС России (на период до подключения системы внешнего электроснабжения). Составить электрическую схему.

4. Рассчитать сроки и стоимость строительства системы внутреннего электроснабжения Быстринского ГОКа. Привести план-график строительных работ и ввода объектов системы внутреннего электроснабжения в работу. Определить источники финансирования и инвестиций в обустройство месторождения.

Дополнительная информация

Таблица 2.7.1.5

Стоимость строительства линий электропередачи и трансформаторных подстанций (под ключ) в 2016 году

№	Объект	Сроки с момента начала работ по разработке ТЗ до сдачи объекта в эксплуатацию (в месяцах)	Стоимость, млн руб./км
1.	ВЛ 110 кВ до 30 км 2ц	До 25 мес.	12.46
2.	ВЛ 110 кВ до 30 км 1ц	До 25 мес.	8.35
3.	ВЛ 35 кВ до 20 км 2ц	До 20 мес.	6.28
4.	ВЛ 35 кВ до 20 км 1ц	До 20 мес.	4.15
5.	ВЛ 10(6) кВ свыше 20 км	До 20 мес.	0.95
6.	ВЛ 10(6) кВ до 20 км	До 16 мес.	0.95
7.	ВЛ 10(6) кВ до 20 км	До 16 мес.	0.95
8.	КЛ 10(6) кВ до 20 км	До 23 мес.	1.50
9.	ВЛ 0.4 кВ до 5 км	До 15 мес.	0.70
10.	КЛ 0.4 кВ до 5 км	До 15 мес.	1.20
11.	ТП 10 (6)/0.4 кВ*	До 20 мес.	4.00
12.	Шкаф КРУ с выкл. 10 (6) кВ	-	1.00

Таблица 2.7.1.6

Генерирующие установки

№	Объект	Сроки с момента начала работ по разработке ТЗ до сдачи объекта в эксплуатацию (в месяцах)	Стоимость, млн руб./мвт установленной мощности
	Дизельная ЭС	До 1 мес.	20
	Ветровая ЭС	До 12 мес.	40
	Солнечная ЭС	До 12 мес.	35

Примечание:

1. Расчет стоимости силового трансформатора при покупке с завода допускается осуществлять по принципу 1 МВА = 1 млн руб.

2. Для Забайкалья действует повышающий коэффициент 1.52

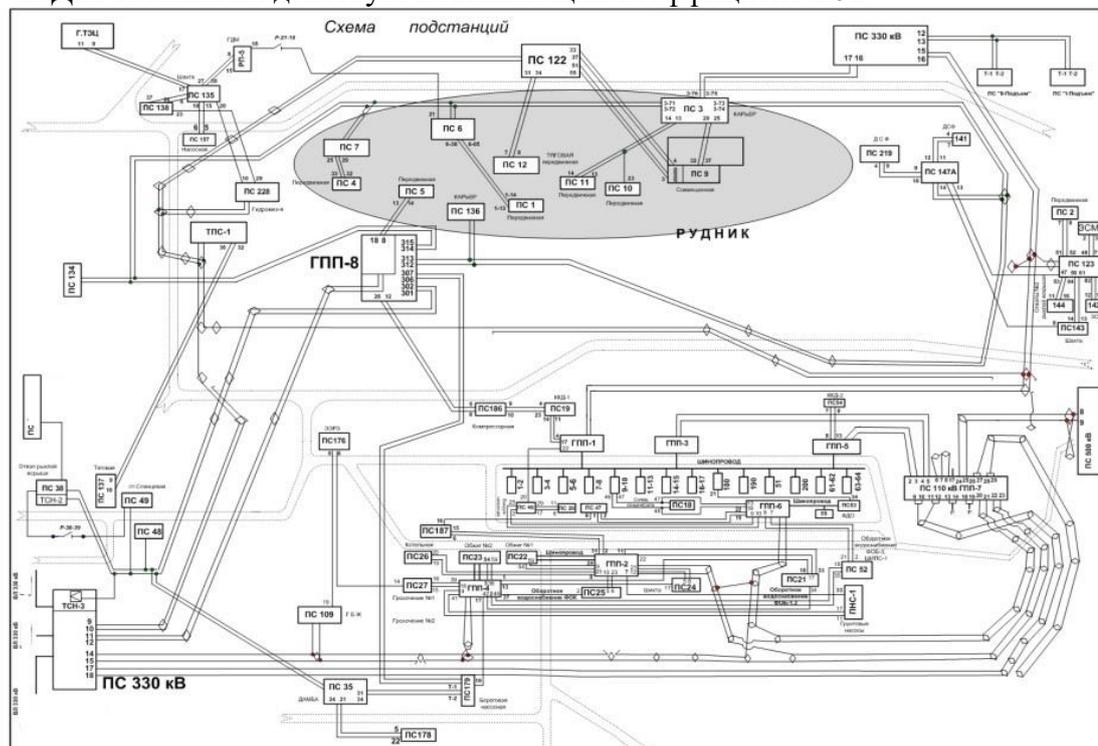


Рисунок 2.7.1.1 – Схема внутреннего электроснабжения ГОКа с годовым объемом переработки до 40 млн тонн руды в год и электропотреблением до 2700 млн кВт•ч

2.7.2. Э2018О «Энергия на краю земли»

В рамках кейса необходимо проанализировать текущие и перспективные балансы мощности и электроэнергии промышленной площадки завода «Ямал-СПГ». Необходимо предложить схему функционирования и развития системы внешнего электроснабжения завода в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе, с учётом строительства и ввода в работу новых очередей завода. Необходимо, также, учесть возможное перспективное строительство новых электростанций и промышленных потребителей на период до 2035 года, рассмотреть возможность их подключения на параллельную работу с ЕЭС России.

Операционная зона Филиала АО «СО ЕЭС» Тюменское региональное диспетчерское управление

Тюменское РДУ входит в зону операционной деятельности Филиала АО «СО ЕЭС» - Объединённое диспетчерское управление энергосистемами Урала. В диспетчерском управлении и ведении Филиала АО «СО ЕЭС» Тюменское РДУ находятся объекты генерации суммарной установленной электрической мощностью 16 897,544 МВт. Наиболее крупными из них являются:

- Филиал ПАО «ОГК-2» Сургутская ГРЭС-1 (3270 МВт),
- Филиал ПАО «Юнипро» Сургутская ГРЭС-2 (5600 МВт),
- ЗАО «Нижевартовская ГРЭС» (2010 МВт),
- Филиал АО «ИНТЕР РАО - Электрогенерация» - Уренгойская ГРЭС (529,7 МВт),
- Филиалы ОАО «ФОРТУМ» Энергосистема «Западная Сибирь»
- Няганская ГРЭС (1361 МВт), Тюменские ТЭЦ-1 (659,7 МВт) и ТЭЦ-2 (755 МВт);
- ООО «СИБУР Тобольск» - Тобольская ТЭЦ (878,3 МВт).

В диспетчерском управлении и ведении Тюменского РДУ находятся также 54 линий электропередачи класса напряжения 500 кВ, 172 линии класса напряжения 220 кВ, 499 линий класса напряжения 110 кВ. Объекты диспетчеризации расположены на 32 трансформаторных подстанциях и распределительных устройствах электростанций напряжением 500 кВ, 86 трансформаторных подстанциях и распределительных устройствах электростанций напряжением 220 кВ, 242 трансформаторных подстанциях и распределительных устройствах электростанций напряжением 110 кВ.

По отчётным данным АО «СО ЕЭС»:

- в 2016 г. потребление электроэнергии на территории операционной зоны Тюменского РДУ составило 94,151 млрд.кВт·ч, максимум потребления мощности составил 12 795 МВт;
- в 2017 г. электропотребление на территории Тюменского РДУ составило 94,307 млрд.кВт·ч. (+0,16%), максимум потребления мощности составил 12 508 МВт (-2,24%).

Проект «ЯМАЛ-СПГ»

В соответствии с Комплексным планом развития производства СПГ на полуострове Ямал, в посёлке Сабетта ведётся строительство завода по сжижению природного газа «Ямал – СПГ». По состоянию на начало 2018 г. в посёлке Сабетта построены:

1. Комплекс объектов для проживания персонала (п.Сабетта, п.Северный, п.Южный). В закрытом вахтовом посёлке Сабетта живёт и работает более 20 тыс. человек.
2. Портовые сооружения подготовительного периода (причалы для выгрузки строительных грузов и материалов на период строительства).
3. Портовые сооружения основного периода эксплуатации для отгрузки СПГ и конденсата на морской транспорт. Пропускная способность порта от 30 млн. тонн грузов в год. После строительства железных дорог пропускная способность порта увеличится на 20 млн.тонн грузов в год дополнительно.
4. Аэропорт для транспортировки рабочего персонала.
5. Вспомогательные инженерные сети и сооружения (дороги, мосты, воздушные и кабельные линии электропередачи, рабочие цеха и т.д.).

Технологические объекты, комплексы и установки:

1. Буровые промысловые установки (на месторождениях).
2. Газосборная сеть, включая сеть добывающих скважин и сборных газопроводов.
3. Объекты подготовки газа и установка получения метанола.
4. Электростанция. Электрическая мощность – 376 МВт, тепловая – 138 Гкал.
5. Завод СПГ, включающий 3 технологические линии.
6. Резервуары СПГ и конденсата (4×160 тыс.м³, высота 54 м).
7. Резервуары конденсата.

По проекту предусмотрено строительство двух заводов СПГ-1 и СПГ-2 по блочной схеме с объёмами производства $3 \times 5,5 + 3 \times 5,5$ млн.тонн СПГ в год соответственно. Строительство и запуск 1-й очереди СПГ-1 с объёмами производства до 5,5 млн.тонн СПГ в год выполнено в конце 2017 г., 2 и 3-я очереди СПГ-1 запланированы в 2018 и 2019 гг. соответственно. Полная проектная мощность завода СПГ-1 по производству СПГ составляет 16,5 млн.тонн и до 1,2 млн тонн газового конденсата в год. Готовность завода СПГ-1 на начало 2018 г. составляет более 50%. Строительство и пуск завода СПГ-2 предусмотрено в три очереди в сроки до 2022, 2024 и 2025 гг. соответственно. Таким образом, завод «Ямал СПГ», состоящий из СПГ-1 и СПГ-2 с проектной мощностью $2 \times 16,5 = 33$ млн.тонн СПГ в год планируется построить и ввести в работу до 2025 г.

Всего в строительство завода инвестировано 27 млрд.\$. Из них 7 млрд.\$ (25%) - стоимость обустройства Южно-Тамбейского месторождения и около 20 млрд.\$ (75%) - строительство завода СПГ и инфраструктуры.

Система электроснабжения завода «ЯМАЛ-СПГ»

Газотурбинная электростанция завода «Ямал-СПГ» предназначена для выработки электрической и тепловой энергии. Основное и резервное топливо – природный газ. Установленная мощность электрическая = 376 МВт, тепловая = 138 Гкал.

Оборудование:

- газотурбинные установки $8 \times \text{SGT-800 Siemens AG}$, $P_{\text{уст}} = 8 \times 47$ МВт;
- установки утилизации тепла $4 \times \text{УТО-40 Siemens AG}$, $P_{\text{ном}} = 4 \times 40$ МВт.

Первая ГТУ $P_{\text{ном}} = 47$ МВт введена в работу в январе 2017 г., функционирование электростанции предусмотрено на весь период работы завода «Ямал-СПГ», заключен контракт на 22 года сервисного технического обслуживания газовых турбин. В декабре 2017 г. введены в работу ГТУ 4×47 МВт, которые обеспечат потребности очередей завода СПГ-1 и инфраструктурные объекты «Ямал СПГ».

С 2017 г. на площадке завода функционируют 16 силовых трансформаторов на классы напряжения 110 и 35 кВ. Всего в системе внешнего электроснабжения завода СПГ-1 предусмотрено 24 силовых трансформатора. В системе электроснабжения объектов инфраструктуры завода «Ямал-СПГ» установлены 2 комплекта специальных трансформаторов RESIBLOC 2×25 МВА 110/35/10 кВ компании АВВ с возможностью «холодного пуска» при температуре до -60°C . Также для электроснабжения инфраструктурных объектов, в распределительных сетях предусмотрена установка 29 блочных комплектных трансформаторных подстанций и распределительных пунктов Siemens, с 16-ю силовыми трансформаторами. Трансформаторы на площадке завода «Ямал-СПГ» установлены в закрытых распределительных устройствах, все линии электропередачи выполнены кабелями, уложенными на кабельные эстакады, лестницы и галереи. За пределами завода построены воздушные ЛЭП 35 и 6 кВ.

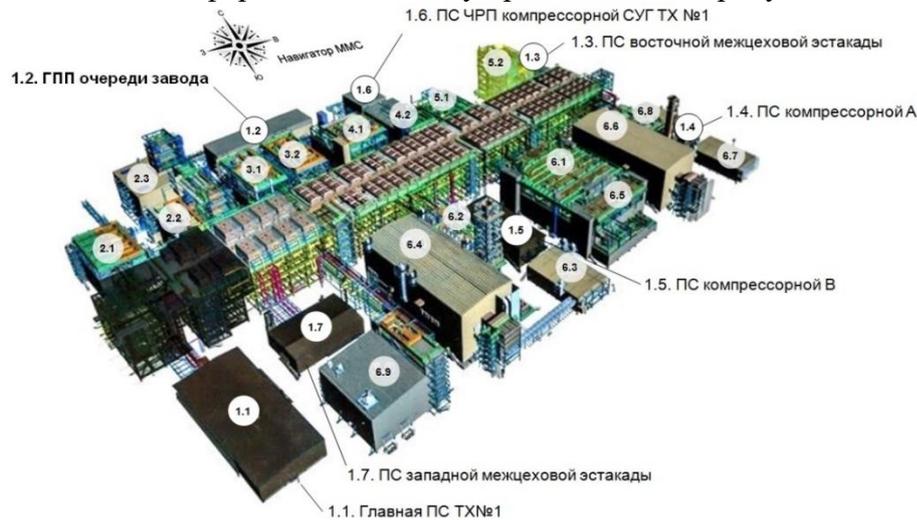
На 8 генераторах ГТЭС предусмотрена установка аварийных дизельных генераторов 8×700 кВт, SDMO T700 суммарной мощностью 5,6 МВт. В технологических блоках завода СПГ-1 установлены дизельные генераторы Teksan 12×100 кВт суммарной мощностью 1200 кВт.

Для обеспечения возможности быстрого запуска генераторов ГТЭС при температуре ниже -50°C , установлены дизельные генераторы «КАМАЗ» К-250В 6×250 кВт и объединённые в отдельную локальную энергосистему мощностью 1,5 МВт. Также генераторы КАМАЗ предназначены для:

- быстрого запуска генераторов ГТЭС в холодное время года с принятием 100% нагрузки в течении 2-х секунд, при температуре -50°C ;
- обеспечения резервирования электроснабжения при проведении ремонтных и аварийных работ на объектах завода «Ямал-СПГ» при температуре ниже 0°C .

Энергетическая система завода «Ямал-СПГ» эксплуатируется в условиях многолетнемёрзлых грунтов, при температуре зимой -50°C , летом $+30^{\circ}\text{C}$, работает автономно от ЕЭС России, связи с внешними энергосистемами на других месторождениях полуострова Ямал отсутствуют.

Дополнительная информация по заводу представлена на рисунках 2.7.2.1 – 2.7.2.5.



Удаление кислых газов:

- 2.1 - Входной модуль
- 2.2 - Модуль установки удаления кислых газов №1
- 2.3 - Модуль установки удаления кислых газов №2

Осушка и удаление ртути:

- 3.1 - Модуль осушки и удаления ртути А
- 3.2 - Модуль осушки и удаления ртути В

Извлечение СУГ:

- 4.1 - Модуль детандера
- 4.2 - Компрессор извлечения СУГ

Сжижение:

- 5.1 - Модуль хладагента
- 5.2 - Основной криогенный теплообменник

Модули со вспомогательным оборудованием

- 6.1, 6.5 - Модуль сепараторов компрессорных А и В
- 6.2, 6.8 - Модуль опор трубопроводов и кабелей компрессорных А и В
- 6.3, 6.7 - Вентиляционная камера компрессорных А и В
- 6.4, 6.6 - Укрытие компрессора линии А и В
- 6.9 - Модуль системы теплоносителя

Рисунок 2.7.2.1 – Технологическая план-схема очереди завода (ПС – Подстанция, ГПП – Главная понижающая подстанция, СУГ – Сжиженные углеводородные газы, ТО – Теплообменник, ТХ – Технологический цикл, ЧРП – Частотно-регулируемый привод)



Рисунок 2.7.2.2 – Площадка завода «Ямал-СПГ» (СПГ-1)

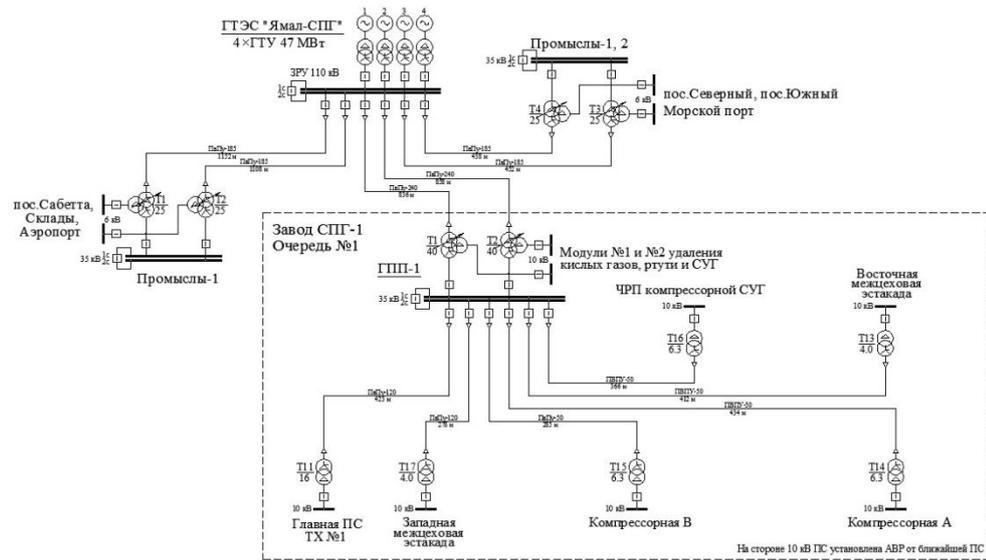


Рисунок 2.7.2.3 – Январь 2018 г. Схема системы внешнего электроснабжения завода «Ямал-СПГ» Завод СПГ-1, очередь №1, инфраструктура

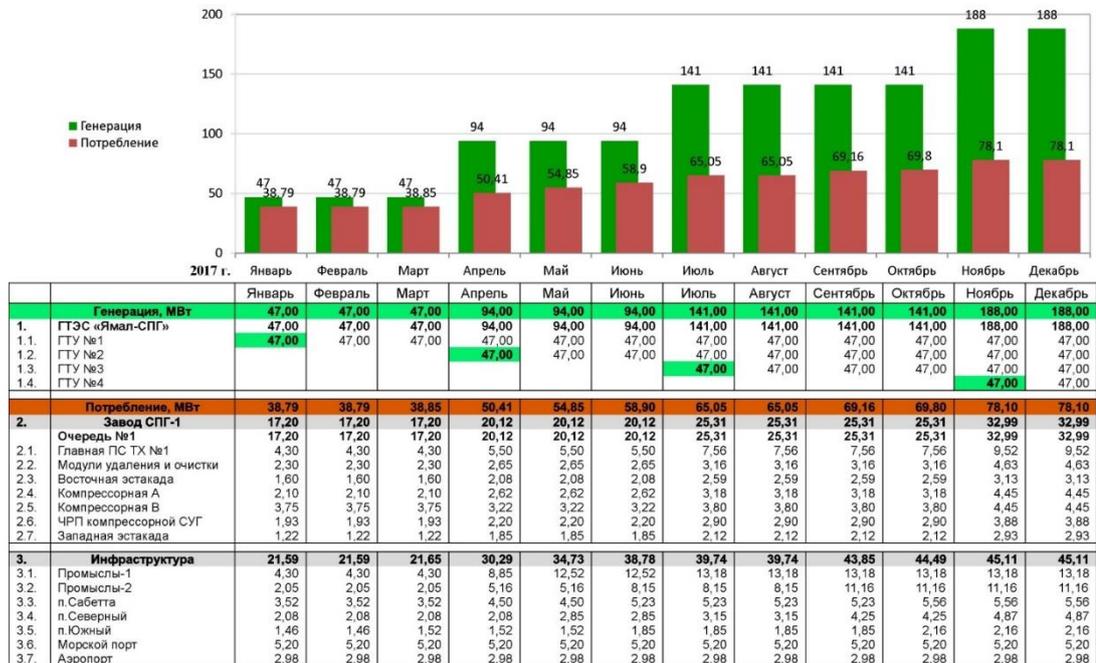


Рисунок 2.7.2.4 – Расчётные электрические нагрузки Завода «Ямал-СПГ» в 2017 г.

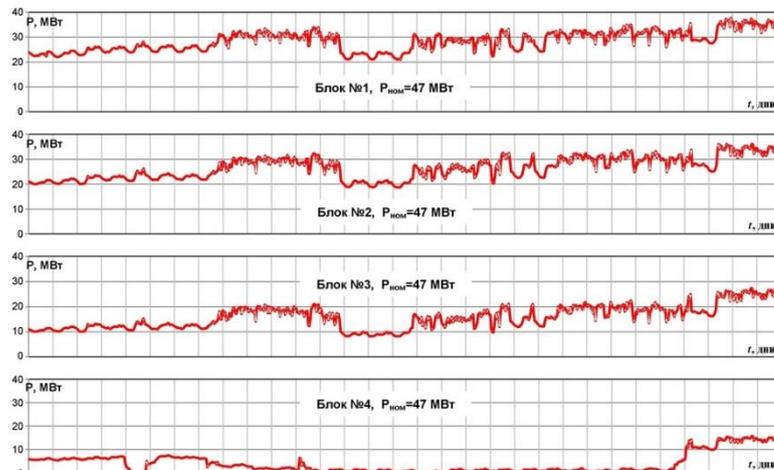


Рисунок 2.7.2.5 – Графики выдачи мощности за январь 2018 г.

Узкие места и особенности функционирования объектов энергетики

На полуострове Ямал имеется большое количество объектов, имеющих на своих площадках электростанции, работающие автономно, в том числе дизельные генераторы. За счет низкого КПД и высокой стоимости топлива, удельная стоимость электрической энергии, при её выработке на дизельных генераторах, может достигать 80-120 рублей за кВт·ч, поэтому использование дизельных генераторов целесообразно в качестве источников резервного электроснабжения. Установленную мощность дизельных генераторов при этом необходимо оценивать в соответствии с требованиями технологического минимума по данным графиков электрической нагрузки в режиме зимнего максимума потребления мощности. Для применения дизель-генераторных установок в составе систем резервирования при транспортировке и эксплуатации используются станции контейнерного исполнения.

Развитие энергетической инфраструктуры в арктических зонах целесообразно рассматривать в контексте следующих основных факторов:

1. В Арктике будут преобладать промышленные потребители электроэнергии с соответствующими характеристиками графиков нагрузки. Оценка целесообразности строительства энергообъектов должна учитывать срок их востребованности, который, как правило, не превышает нормативный срок службы основного силового оборудования.

2. Развитие централизованной энергетики и подключение удаленных районов к центрам питания ЕЭС России целесообразны в районах с наличием существующей энергетической и электросетевой инфраструктуры. Создание новых крупных энергосистем будет оправданным, если предполагается строительство мощных электростанций на возобновляемых источниках энергии или углеводородном топливе с экспортом электроэнергии в Единую энергосистему или за рубеж с перспективными планами функционирования таких проектов на срок до 2050 года.

3. Строительство фотоэлектрических станций в Арктической зоне технически нецелесообразно из-за низкого угла положения солнца над горизонтом, продолжительного периода полярных ночей, преобладания рассеянного солнечного излучения над прямым. Возможно использование фотоэлектрических станций в летнее время, однако ввиду большого количества облачных дней в большинстве арктических регионов России, данный вариант требует отдельного анализа на основе ретроспективных метеорологических данных. При этом следует рассматривать целесообразность включения фотоэлектрических станций в состав гибридных систем электроснабжения.

4. Строительство ветроэнергетических установок в Арктике является наиболее перспективным. Арктика является зоной, где скорости ветра преимущественно составляют $6\div 11$ м/с, плотность мощности ветрового потока $83\div 312$ Вт/м². Целесообразно рассматривать применение ветроэнергетических установок для электроснабжения маломощных удаленных потребителей. С учётом стоимости и усложнения капитального строительства и удорожания ветроэнергетических установок в арктическом климатическом исполнении, рекомендуемый диапазон их мощностей составляет $5\div 100$ кВт. В районах Арктики, где присутствует устойчивый скальный грунт, целесообразным будет строительство ветроэнергетических установок с мощностью $5\div 7$ МВт. Наибольшим ветровым потенциалом в Арктике обладают Гыданский полуостров и полуостров Таймыр (расчётный коэффициент использования установленной мощности от 30%, число часов использования максимальной мощности от 4000 ч.).

5. Использование дизель-генераторных установок и накопителей, с учётом требований экологических ограничений при освоении арктических территорий, с учётом стоимости покупки и транспортировки дизельного топлива, целесообразно в качестве резервных источников. Другим перспективным резервным источником электроснабжения являются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Однако у данного типа аккумуляторов имеется недостаток – существенная потеря ёмкости при снижении температуры воздуха.

6. Использование атомных мини-электростанций, включая энергетические установки на платформе ледоколов, все чаще рассматривают для автономного электроснабжения мощной удаленной электрической нагрузки: преимущественно нефтяных, газовых и угольных месторождений. Себестоимость выработки электроэнергии в случае использования мини-АЭС составит 6-17 руб./кВт·ч, что существенно меньше затрат при использовании дизель-генераторных установок. Развитие мини-АЭС в Арктической зоне преимущественно будет связано с нагрузкой электроприемников в диапазоне 10÷50 МВт и будет носить локальный территориальный характер.

7. Создание гибридных систем электроснабжения, с одновременным использованием различных источников энергии (где электрическая энергия генерируется с использованием паровых турбин, солнечных панелей, ветряных турбин, накопителей и др.) в Арктике целесообразно рассматривать для развития систем электроснабжения удаленной маломощной нагрузки. Определение доли участия каждого типа оборудования в гибридной энергетической системе целесообразно проводить на основе нахождения минимальных суммарных затрат на создание такой системы. При этом такая многокомпонентная энергетическая система должна учитывать капиталовложения, расходы на эксплуатацию и обслуживание, фактические потери электроэнергии и ущерб от недоотпуска электрической энергии, стоимость содержания и обслуживания сетей и др.

8. С целью повышения живучести локальных электрических систем с ВИЭ следует использовать «ячеистую» структуру электрических схем с функцией возможного выделения сбалансированных узлов генерации и потребления.

9. Наличие частотных преобразователей, присущее практически всем ВИЭ, позволяет рекомендовать электрические схемы локальных энергосистем с различным видом напряжений, в том числе переменного 50 Гц, переменного повышенной частоты 400-500 Гц и постоянного тока. Это позволит не только повысить устойчивость и живучесть локальных систем, но и снизить стоимость системы преобразования электрической энергии за счёт снижения единичной мощности частотных преобразователей и меньшей стоимости электроприемников повышенной частоты.

Задание

1. Выполнить анализ текущего состояния системы внешнего электроснабжения завода «Ямал-СПГ» и его инфраструктуры.

2. Сформировать перспективное целевое состояние системы внешнего электроснабжения завода «Ямал-СПГ», сформировать к ней требования.

3. Разработать единый комплекс мероприятий строительства, ввода в работу и функционирования генерирующих мощностей и электросетевого комплекса для электроснабжения завода «Ямал-СПГ», в соответствии со сроками ввода в работу очередей завода.

4. Составить план-график строительства генерирующих и электросетевых объектов на территории завода «Ямал-СПГ».

5. Рассчитать сроки и оценить стоимость строительства системы внешнего электроснабжения завода «Ямал-СПГ».

6. Рассмотреть вариант присоединения системы электроснабжения завода «Ямал-СПГ» на параллельную работу с ЕЭС России.

7. Рассчитать загрузку линий электропередачи и трансформаторов системы внешнего электроснабжения завода «Ямал-СПГ». Рассчитать потери мощности и электроэнергии по классам напряжения и по типам оборудования, проанализировать структуру потерь. Предложить организационные и технические мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

Следует учитывать следующие ограничения:

1. Сроки ввода очередей завода в работу.

2. Обеспечение холодного и вращающегося резервов генерирующих мощностей на электростанции завода «Ямал-СПГ».

3. Ограниченный объём инвестиций.

Дополнительная информация

Всего на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, в 2017 г. суммарная установленная мощность всех электростанций составляет 1719 МВт, в том числе 860 МВт (50%) работают синхронно с ЕЭС/ОЭС и 859 МВт (50%) – автономные источники. В структуре мощностей, работающих синхронно с ЕЭС/ОЭС: ПГУ – 625 МВт, ГТУ-201 МВт, ПСУ – 24 МВт, ГПУ – 9 МВт. В составе структуры мощностей, работающих автономно от ЕЭС/ОЭС – автономные источники промышленных предприятий – 546 МВт, ГТУ – 388 МВт, ДЭС – 8 МВт, ГПУ – 77 МВт. В посёлках установлено 313 МВт. На полуострове Ямал в 12 населённых пунктах установлено 101 генератор суммарной мощностью 300 МВт - 18% от мощности всего Ямало-Ненецкого автономного округа.

Таблица 2.7.2.1

Сведения об установках распределённой генерации на территории полуострова Ямал

№ п/п	Населённый пункт	Год ввода	Генераторы	P _{уст.} МВт
1.	Завод «Ямал-СПГ»	2017	4×47	188,00
2.	Завод «Ямал-СПГ»	2017	12×10	1,20
3.	Завод «Ямал-СПГ»	2016	8×0,70	5,60
4.	Завод «Ямал-СПГ»	2016	6×0,25	1,50
5.	Бованенковское НГКМ	2010	6×6,0	36,00
6.	Бованенковское НГКМ	2008	10×2,5	25,00
7.	с.Салемал	2011	4×0,4	1,60
8.	с.Панаевск	2008	5×0,32	1,60
9.	с.Яр-Сале	2014	9×1,12+2×1,90	13,88
10.	п.Сюнай-Сале	2012	2×0,2+2×0,32	1,04
11.	с.Новый Порт	2005	2×0,8+2×0,32+1×1,1	3,34
12.	с.Мыс Каменный	2015	4×2,5+2×1,5+2×0,32	13,64
13.	п.Белоярск	2006	4×1,12	4,48
14.	п.Лавровая	2013	2×0,15+1×0,2+1×0,1	0,60
15.	п.Щучье	2013	4×0,1+1×0,2	0,60
16.	п.Ямбура	2009	1×0,1+2×0,06+2×0,04	1,20
	Итого:		101 шт.	299,28

Таблица 2.7.2.2

Сроки и стоимость строительства объектов энергетической инфраструктуры на территории Ямало-Ненецкого автономного округа в 2017 г.

№	Объект	Сроки от ТЗ до сдачи в эксплуатацию (в месяцах)	Стоимость, млн.руб.
1.	КЛ 110 кВ, за 1 км	41-72	67,51
2.	ВЛ 35 кВ, за 1 км	29-36	3,64
3.	КЛ 35 кВ, за 1 км	30-44	10,10
4.	ВЛ 10(6) кВ до 20 км, за 1 км	15-24	0,95
5.	КЛ 10(6) кВ до 20 км, за 1 км	15-24	2,63
6.	Трансформатор 110 кВ, 40 МВА	26 / 36-46	32,26
7.	Трансформатор 35 кВ, 16 МВА	24 / 29-35	13,88
8.	Ячейка одного комплекта выключателя на 110 кВ в КРУЭ, 40 кА (Россия)	26 / 36-46	41,26
9.	Газотурбинная ЭС	24-48	50-100
10.	Дизельная ЭС	9-24	40-90
11.	Ветряная ЭС	48-60	80-150
12.	Солнечная ЭС	36-48	80-120

. Э20180 АР «Северные сети»

В рамках кейса необходимо проанализировать текущее состояние электросетевого комплекса ПАО «ФСК ЕЭС» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. На основе анализа статистики технологических нарушений на линиях электропередачи необходимо разработать комплекс мероприятий по снижению аварийности и повышению надёжности функционирования объектов ПАО «ФСК ЕЭС», спланировать сроки реализации и рассчитать требуемые для реализации мероприятий объёмы ресурсов. При разработке и реализации мероприятий необходимо также учесть строительство перспективных электросетевых объектов.

Задача снижения аварийности в электрических сетях

Если классифицировать аварии по основным признакам, то основными причинами нарушений в работе электрических сетей являются: повреждения линий электропередачи, повреждения подстанционного оборудования, неправильная работа автоматики, неблагоприятные погодные условия, ошибочные действия персонала, падение деревьев на линии электропередачи, воздействие сторонних лиц.

В целом по России и по зонам эксплуатационной ответственности ПАО «Россети», постоянно ведётся сбор статистики об авариях на электросетевых объектах. Максимальное количество аварий приходится на осенне-зимний период (ОЗП). Результаты сбора статистики и итогов прохождения ОЗП ежегодно публикуются Министерством энергетики Российской Федерации в отчётах о: подготовке к прохождению ОЗП) и итогах прохождения ОЗП (<https://minenergo.gov.ru/node/2065>).

В течение года по стране динамика технологических нарушений на электросетевых объектах фиксируется в летний период, за пять месяцев с мая по сентябрь зафиксировано более 7300 технологических нарушений (до 60%), в то время как в ОЗП за 7 месяцев с сентября по апрель зафиксировано около 5500 (40%). Каждый зимний месяц происходит до 800 технологических нарушений, наибольшее количество нарушений фиксируется в апреле – более 1000. В течение летних месяцев динамика по технологическим нарушениям с мая по сентябрь носит параболический характер, имеющий пик в июле с около 2500 нарушений – в 3 раза больше, чем в среднем в течение зимнего месяца. Всего в период с 2013 по 2017 гг. практически в каждом месяце наблюдается тенденция по снижению количества технологических нарушений – до 5% в зимние месяцы и до 10% в летние месяцы (рисунок

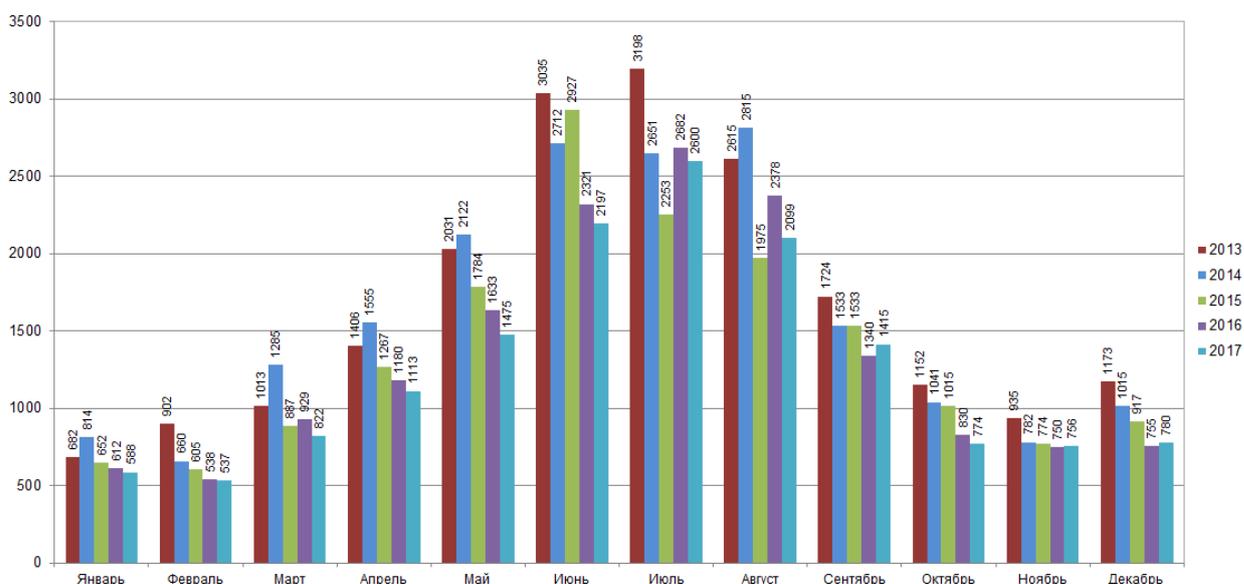


Рисунок 2.7.3.1 – Динамика аварий в электрических сетях за период 2013 – 2017 г.

Среди всех технологических нарушений – 54% нарушений приходится на повреждение линий электропередачи, 30% нарушений приходится на повреждение

электротехнического оборудования подстанций и открытых распределительных устройств и 16% технологических нарушений приходится на неправильную работу устройств релейной защиты и автоматики.

- Среди технологических нарушений, связанных с повреждением линий электропередачи (до 54%), числятся междуфазные короткие замыкания, произошедшие в результате схода проводов при порывах ветра, падений деревьев и в результате воздействия посторонних лиц – 30%. На повреждения изоляторов воздушных линий электропередачи – 12%. Далее, 3% технологических нарушений связано с налипанием снега, гололёдом, порывистым ветром и грозой. И 2% приходится на механическое повреждение опор и траверс опор линий электропередачи.

- Среди технологических нарушений, связанных с повреждением электротехнического оборудования подстанций и распределительных устройств (до 30%), приходится на повреждение выключателей – 9%, повреждение изоляторов – 3%, повреждение ошиновки и проводов в пределах РУ – 3%, повреждение измерительных трансформаторов тока и напряжения – 2% и повреждение кабельных линий электропередачи и/или их кабельных муфт в пределах подстанций – до 2%.

- Среди технологических нарушений, связанных с неселективной работой устройств РЗА (до 16%), 5% нарушений связано с неправильным действием персонала при производстве работ в цепях РЗА, неправильном расчёте или выставлении уставок, а также при выполнении переключений. Далее, 4% технологических нарушений приходится на неисправность терминалов защит и устройств передачи аварийных сигналов и команд, 3% приходится на нарушения изоляции вторичных цепей и нарушения в контактных соединениях и 1% приходится на ошибочные действия персонала.

Кроме того, до 15% в основной структуре событий, до 1800 из 7500 технологических нарушений произошло по неустановленным причинам. Полная статистика по технологическим нарушениям и повреждениям элементов, входящих в состав электроэнергетической системы и электросетевого комплекса, - на сайте Министерства энергетики Российской Федерации в документе по ссылке <https://minenergo.gov.ru/node/2065> на стр. 19-31.

По окончании декабря 2017 г., статистика по аварийности в электрических сетях напряжением 110 кВ и выше в ЕЭС России показывает, что на энергообъектах ПАО «Россети» произошло 626 аварий, в том числе на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» - 79 аварий. Всего в электрических сетях ЕЭС России произошло 780 аварий, в том числе 27 из них привели к прекращению электроснабжения потребителей в объёме 10 МВт и более. В составе аварий учтены аварии, произошедшие как по причинам, связанным с недостатками в технологической деятельности сетевых компаний, так и по причинам, связанным с воздействием посторонних лиц и организаций, птиц и животных, стихийных явлений и иных форс-мажорных обстоятельств.

Таким образом, в электросетевом комплексе необходимо постоянно решать задачу снижения аварийности и повышения надёжности технологического функционирования электрических сетей. Решение этих задач повышает надёжность функционирования электросетевого комплекса и гарантирует надёжное и бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергии. Разработка и реализация комплекса таких мероприятий является важной государственной задачей.

Электрические сети Ямало-Ненецкого ПМЭС

В состав электросетевого комплекса Ямало-Ненецкого ПМЭС входят 5 ВЛ 500 кВ, 27 ВЛ 220 кВ (2 ВЛ в габаритах 500 кВ), 3 подстанции 500 кВ, 12 подстанций 220 кВ. Всего на обслуживании у филиала находятся более 3700 км ЛЭП 500-220-110 кВ, относящихся к ЕНЭС. Энергосистема региона работает синхронно с ЕЭС России. Совместно с Ямало-Ненецким ПМЭС, транспорт электроэнергии на территории региона осуществляет Филиал ПАО «Россети» АО «Тюменьэнерго» – Ноябрьские и Северные электрические сети, обслуживающие 5,25 тыс.км линий электропередачи. Энергосистема региона разделена на

Ноябрьский и Северный энергорайоны. Энергоснабжение Ноябрьского энергорайона осуществляется от трёх питающих центров: ПС 500 кВ Холмогорская, ПС 500 кВ Тарко-Сале и ПС 220 кВ Вынгапур. Ноябрьский энергорайон включает в себя следующие основные энергообъекты: Ноябрьская ПГЭ, ГПЭС Вынгапуровского ГПЗ, ПС 500 кВ Муравленковская, ПС 500 кВ Тарко-Сале, ПС 500 кВ Холмогорская, ПС 220 кВ Аврора, ПС 220 кВ Вынгапур, ПС 220 кВ ГППЗ, ПС 220 кВ Пуль-Яха, ПС 220 кВ Янга-Яха, ПС 220 кВ Арсенал.

С вводом в 2012 году блока №1 Уренгойской ГРЭС, Северный энергорайон является избыточным и осуществляет передачу мощности в Ноябрьский энергорайон. Электроснабжение потребителей Северного энергорайона осуществляется от двух центров питания: ПС 220 кВ Уренгой и ПС 220 кВ Надым. Северный энергорайон включает в себя следующие основные энергообъекты: Уренгойская ГРЭС, ПЭС Уренгой, Харвутинская ГТЭС, Ямбургская ГТЭС, ПС 220 кВ Мангазея, Песцовая ГТЭС, ГТЭС Юрхаровского НГКМ, ПЭС Надым, ПС 220 кВ Надым, ПС 220 кВ Оленья, ПС 220 кВ Правохеттинская, ПС 220 кВ Пангоды, ПС 220 кВ Уренгой. В 2016 г. введены ВЛ-220 кВ Надым – Салехард-1,2 и ПС 220 кВ Салехард.

На территории региона действуют следующие крупные ответственные потребители и их филиалы: ПАО «Газпром», АО «СибурТюменьГаз», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», АО «АК Транснефть», АО «РОСПАН Интернешнл», ООО «РН-Ванкор», ПАО «Новатэк». Максимум потребления мощности в регионе в 2016 г. составил 1555 МВт, в том числе 1174 МВт – Ноябрьские электрические сети и 381 МВт Северные электрические сети. Годовой объём потребления электроэнергии в синхронной части региона ~12 млрд.кВт·ч в год.

Особенности эксплуатации электрических сетей

Надёжность и долговечность энергообъектов, в том числе воздушных линий электропередачи на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, напрямую зависит от учёта инженерно-геологических, климатических и геокриологических условий местности их строительства. Наличие сильнопучинистых грунтов, формирование просадочных рытвин в местах ухода грунта, термокарст, растрескивание, пластические деформации грунтов приводит к смещению и деформации фундаментов опор линий электропередачи и к нарушению геометрического состояния конструкции их опор. При этом дополнительное воздействие опасных явлений погоды (ветер, гололёдно-изморозевые отложения, грозы и пр.), приводят к более частым технологическим нарушениям в работе электросетевого комплекса. Из-за высоких удельных электрических сопротивлений грунтов Ямало-Ненецкого автономного округа не обеспечивается нормируемое сопротивление заземления опор, вследствие чего, при ударах молнии в грозотросы происходят грозовые отключения ВЛ по причине обратных перекрытий линейной изоляции. В связи с этим опоры ВЛ, их фундаменты, провода и грозозащитные тросы требуют постоянного обследования, обслуживания и ремонта. В среднем от 10% до 20% фундаментов опор на ВЛ, расположенных в районах многолетнемёрзлых грунтов заменены или подлежат неотложной замене. В 2017 г. количество опор ВЛ 220 кВ и выше для Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Западной Сибири, требующих замены фундаментов, превышает 500 шт., значительная доля из которых повреждена за счёт морозного пучения. Статистика показывает, что каждые 2-3 месяца происходит серьёзная авария на ВЛ, в результате которой происходят длительные отключения электроэнергии и сложные восстановительные работы.

Статистика по аварийности

Анализ аварийности в электрических сетях 110 кВ и выше Ямало-Ненецкого автономного округа свидетельствует о том, что за период с 2012 по 2017 гг. зафиксировано 1208 технологических нарушений, 1155 из которых связаны с технологическими нарушениями на ВЛ, а 53 – с технологическими нарушениями на подстанциях. В состав учитываемых статистикой технологических нарушений входят все аварийные отключения

ВЛ – с неуспешным и успешным АПВ. Все причины отключения ВЛ классифицируются по 12 признакам:

1. Грозовые отключения ВЛ (атмосферные перенапряжения) вызваны ударами молний в трос, опоры, провода. Большинство грозových отключений ВЛ сопровождается успешным АПВ. Основную долю грозových отключений составляют однофазные КЗ – 53% от общего числа отключений. Двухфазные и трехфазные КЗ составляют – 30% и 17% соответственно.

2. Ветровые воздействия – отключения ВЛ по причине воздействия ветровых нагрузок, сопровождавшихся сильными порывами ветра, приводившими к приближениям гирлянд к телу опоры и траверсам с последующим перекрытием воздушного промежутка. Территория отнесена к I-III районам по скорости ветра. В районе Обской губы выделены IV и V районы по скорости ветра. Технологические нарушения, связанные с ветровыми воздействиями, составляют небольшую часть общего числа технологических нарушений. Ветер, в большинстве случаев, является сопутствующим или вторичным фактором.

3. Гололédно-ветровые воздействия – отключения ВЛ по причине налипания на провода и тросы гололédно-изморозевых отложений (куржака), которые при местном сбрасывании, а также при наличии сильного ветра приводят к перекрытиям трос-провод, фаза-фаза и пр. Зачастую гололédные аварии связаны со сбросом гололédно-изморозевых отложений и подскоком провода с последующим перекрытием на грозотрос или соседние фазы. Начало 2017 года в целом на территории Ямало-Ненецкого автономного округа было отмечено низкими температурами воздуха.

4. Пляска проводов и тросов, сопровождаемая междуфазными КЗ и обрывами проводов и тросов из-за перемещения проводов фаз и грозотросов в вертикальной плоскости с большой амплитудой под действием гололédно-ветровых нагрузок.

5. Посторонние воздействия – отключения ВЛ, связанные с воздействиями на ВЛ посторонних предметов и лиц. Отключения связаны с проездом негабаритной техники, несанкционированным проведением работ в охранной зоне ВЛ, набросами на провода, расстрелом изоляторов.

6. Дефекты конструкции – отключения ВЛ связанные с заводским браком элементов ВЛ (провод, арматура, изоляторы и т.д.) – со скрытыми дефектами, допущенными при изготовлении.

7. Дефекты строительства и монтажа, повреждение объектов построенных по упрощенным требованиям.

8. Воздействие птиц – отключения ВЛ от перекрытия изоляции по птичьему помёту и другим предметам птичьей деятельности: строительство гнезд на траверсах опор, приводящее к пожарам, коротким замыканиям и т.д.

9. Морозное пучение – отключения ВЛ, вызванные наклоном или падением опор за счёт сил морозного пучения свай фундаментов, с возникновением междуфазных замыканий и обрывов проводов.

10. Пожар – частный случай посторонних воздействий, в том числе при пожаре на газопроводе под ВЛ, лесные пожары и т.д.

11. Старение, износ оборудования ВЛ – отключения ВЛ связанные с усталостным разрушением элементов ВЛ, дефектами развившимися в процессе длительной эксплуатации.

12. Причина не установлена – отключения ВЛ, причина которых не была установлена при расследовании технологических нарушений. В большинстве случаев при послеаварийных осмотрах не удавалось определить места повреждения как из-за отсутствия видимых следов перекрытия, так и из-за труднодоступной местности прохождения ВЛ (болота и т.д.).

Распределение аварийных отключений по основным ВЛ-220 кВ Ямало-Ненецкого ПМЭС за период 2012-2017 гг.

№	Причина технологического нарушения	ВЛ-220 кВ Надым - Муравленковская	ВЛ-220 кВ Уренг. ГРЭС – Тарко-Сале	ВЛ-220 кВ Уренгой-Надым	ВЛ-220 кВ Надым-Пангоды	ВЛ-220 кВ Уренгой-Пангоды	ВЛ-110 кВ Оленья-Ямбург 1 (ТЭ)*	ВЛ-110 кВ Оленья-Ямбург 2 (ТЭ)*	ВЛ-220 кВ Уренг ГРЭС- Мангазея-1	ВЛ-220 кВ Уренг ГРЭС- Мангазея-2	Всего
		Количество аварий, шт.									
1.	Грозовые отключения (атмосферные перенапряжения)	5	6	30	12	29	15	13	2	0	112
2.	КЗ при перекрытии на опору или сближении проводов	2	2	3	0	3	6	8	3	3	30
3.	Обрывы проводов за счет гололедно-ветровых воздействий	2	2	0	0	0	7	2	0	0	13
4.	Падение опор от гололедно-ветровых воздействий и морозного пучения	3	2	2	1	2	1	1	0	0	12
5.	Причина не установлена	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
6.	Посторонние воздействия (несанкционированные действия в зоне ВЛ)	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
	Всего	12	12	37	13	34	31	25	5	3	172

Аналитика о выполнении аварийно-восстановительных работ, по итогам актов расследований технологических нарушений

*ВЛ 220 кВ Надым – Муравленковская
(АС-400, 8.37 км + ЗАС-300, 176.95 км)*

12 января 2017 г. (18:43 мск) отключение с неуспешным АПВ. Погодные условия: t - С, ветер 7 м/с. Вид КЗ: междуфазное (ф.ВС), расчётная точка КЗ -13 км, зона осмотра – 11÷15 км. Послеаварийный осмотр линейной бригады выявил сближение фаз ВС на недопустимое расстояние в следствие отложения на проводе плотной изморози с толщиной стенки до 100 мм. Персоналом выполнена очистка плотной изморози.

25 января 2017 г. (14:45 мск) отключение с неуспешным АПВ. Погодные условия: t - С, ветер 10 м/с. Вид КЗ: междуфазное (ф.ВС), расчётное место КЗ – 83,5 км, зона осмотра - 82÷85 км. Послеаварийный осмотр линейной бригадой в период с 25.01.17 (16:03) по 26.01.17 (13:50) выявил обрыв провода фазы «С» в пролете опор на 83-м км. Осмотр выполнялся на снегоходе «Буран». 26.01.2017 к месту повреждения выполнена переброска спецтехники для выполнения работ по ремонту провода. 27.01.2017 (11:16) закончены работы по ремонту провода с заменой участка провода в пролете опор 83-го км.

15 февраля 2017 г. (14:54 мск) отключение с неуспешным АПВ. Погодные условия: t С, ветер слабый. Вид КЗ: однофазное на землю (ф.А), расчётное место КЗ - 8 км, зона осмотра 0 - 10 км от ПС 220 кВ Надым. t -150С, ветер слабый. При послеаварийном осмотре ВЛ линейной бригадой 15.01.2017 (16:10) обнаружен обрыв провода фазы «А», в пролете опор №13-14. 16.01.2017 (с 7:14 до 15:20) выполнен ремонт провода с заменой участка провода в пролете опор №13-14.

ВЛ 220 кВ Уренгойская ГРЭС – Тарко-Сале

(АС-400, 38.45 км + ЗАС-330, 177.82 км)

08 января 2017 г. (01:32 мск) отключение с неуспешным АПВ. Погодные условия: t - С, ветер 9 м/с. Вид КЗ: междуфазное (ф.АС), расчётная точка КЗ 14-й км, зона осмотра 13 – 16 км от Уренгойской ГРЭС. Послеаварийный осмотр ВЛ 08.01.2017 (10:50) в пролете опор №37-38, выявил сближение фаз «АС» на недопустимое расстояние в следствии отложения на проводе плотной изморози, выполнена очистка проводов от отложений, ремонт провода фазы «С» в пролете опор №37-38, выполнялась очистка плотной изморози на проводе в пролетах опор №19-43, работы окончены 08.01.2017 (16:00).

17 января 2017 г. (21:46 мск) отключение с неуспешным АПВ. Погодные условия: t - С, ветер 15 м/с Вид КЗ: однофазное на землю (ф.А), расчётное место КЗ - 92 км, зона осмотра 88 – 106 км от Уренгойской ГРЭС. 18.01.17 выполнена переброска спецтехники для выполнения осмотра. 18.01.2017 (11:45) при послеаварийном осмотре обнаружен обрыв провода фазы «А» в пролете опор №234-235. 18.01.2017 (18:53) приступили к ремонту провода фазы «А», ремонт закончен в 21:15. 19.01.2017, с 15:00 выполнен облёт ВЛ на вертолёте, обрывов проводов не обнаружено, обрывов грозотроса не обнаружено. На проводах ВЛ на всей протяженности зафиксировано образование плотной изморози с толщиной стенки 100-200 мм, в следствие чего изменялись стрелы провесов провода и сближение провода к проводам других фаз, либо к земле на недопустимое расстояние.

Выполнен допуск двух бригад (четырёх звеньев) в количестве 12 человек Уренгойского участка Ямало-Ненецкого ПМЭС для выполнения работ по очистке плотной изморози на проводах. 19.01.2017 (с 17:23) осуществлялось проведение работ по очистке плотной изморози на проводах согласно утверждённому графику.

По итогам актов расследования технологических нарушений установлено, что при отключении указанных ВЛ-220 кВ отключений потребителей не происходило, затраты на восстановительные работы по ВЛ 220 кВ «Уренгойская ГРЭС – Тарко-Сале» 08 января 2017 г. составили 439 тыс.руб., затраты на восстановительные работы 17 января составили 952 тыс.руб.

Узкие места и особенности функционирования объектов энергетики

Ключевыми факторами, оказывающими влияние на развитие энергетической инфраструктуры в регионе, являются:

1. Экстремальные природно-климатические условия, в том числе: температура воздуха, сильные ветры, наличие ледяного покрова и др.
2. Очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения.
3. Удаленность территорий от основных централизованных инфраструктур.
4. Низкая устойчивость экосистемы Арктической зоны, определяющая климат Земли, подверженность антропогенным воздействиям.
5. Необходимость обеспечения энергетической безопасности в технологическом и экономическом аспектах.

Следует учитывать, что строительство энергообъектов часто затруднено и неэффективно, что связано с геокриологическими условиями:

1. В многолетнемёрзлых глинистых грунтах с содержанием влаги более 40% наблюдается сезонное морозное пучение грунтов, делающее неэффективным строительство объектов на свайных фундаментах. В таких условиях срок службы линии электропередачи составляет менее 5 лет.
2. В песчаных грунтах наличие ледяных линз и ледогрунтов с долей льда более 50% затрудняет строительство электростанций. Утепляющий эффект зданий в сочетании с высокой массой энергетического оборудования приводит к неравномерным просадкам грунта на 1-3 метра. Массивное оборудование, установленное на площадках электростанций и крупных подстанций, имеющее основание с большой площадью и работающее в горизонтальном положении по условиям нагрузки на подшипники и вибронегруженности, подвергается ускоренному износу либо вовсе выходит из строя.

Особенности развития энергетической инфраструктуры в арктических зонах рассмотрены в разделе «Узкие места и особенности функционирования объектов энергетики» п.2.7.2 «Энергия на краю земли».

Задание

1. Выполнить анализ текущего состояния электросетевого комплекса ПАО «ФСК ЕЭС» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, выявить основные факторы, оказывающие влияние на функционирование и развитие электрических сетей ПАО «ФСК ЕЭС» в регионе.

2. Выполнить анализ статистики технологических нарушений, снижающих надёжность функционирования электросетевого комплекса ПАО «ФСК ЕЭС» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

3. Сформировать перспективное целевое состояние по показателям аварийности и технологическим нарушениям в электросетевом комплексе ПАО «ФСК ЕЭС» в Ямало-Ненецком автономном округе. Обозначить сроки достижения целевого состояния.

4. Для электросетевых объектов ПАО «ФСК ЕЭС» в Ямало-Ненецком автономном округе разработать комплекс мероприятий по:

- снижению аварийности на электросетевых объектах;
- повышению надёжности функционирования электросетевых объектов.

5. В составе комплекса мероприятий указать приоритеты, сроки и объёмы привлекаемых для его реализации ресурсов. По каждому мероприятию указать технологический эффект.

6. Оценить финансовые затраты на реализацию комплекса мероприятий с указанием стоимости и эффекта каждого мероприятия.

7. Рассчитать и выполнить анализ структуры потерь мощности и электроэнергии по классам напряжения и по типам оборудования. Предложить организационные и технические мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии в сетях ПАО «ФСК ЕЭС» на территории Ямало-Ненецкого автономного округа.

Необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Сроки реализации комплекса мероприятий.
2. Сроки ввода электросетевых объектов в работу.
3. Ограниченный объём финансовых и кадровых ресурсов.

Приложение 2.7.3.1



Приложение 2.7.3.2



Дополнительная информация

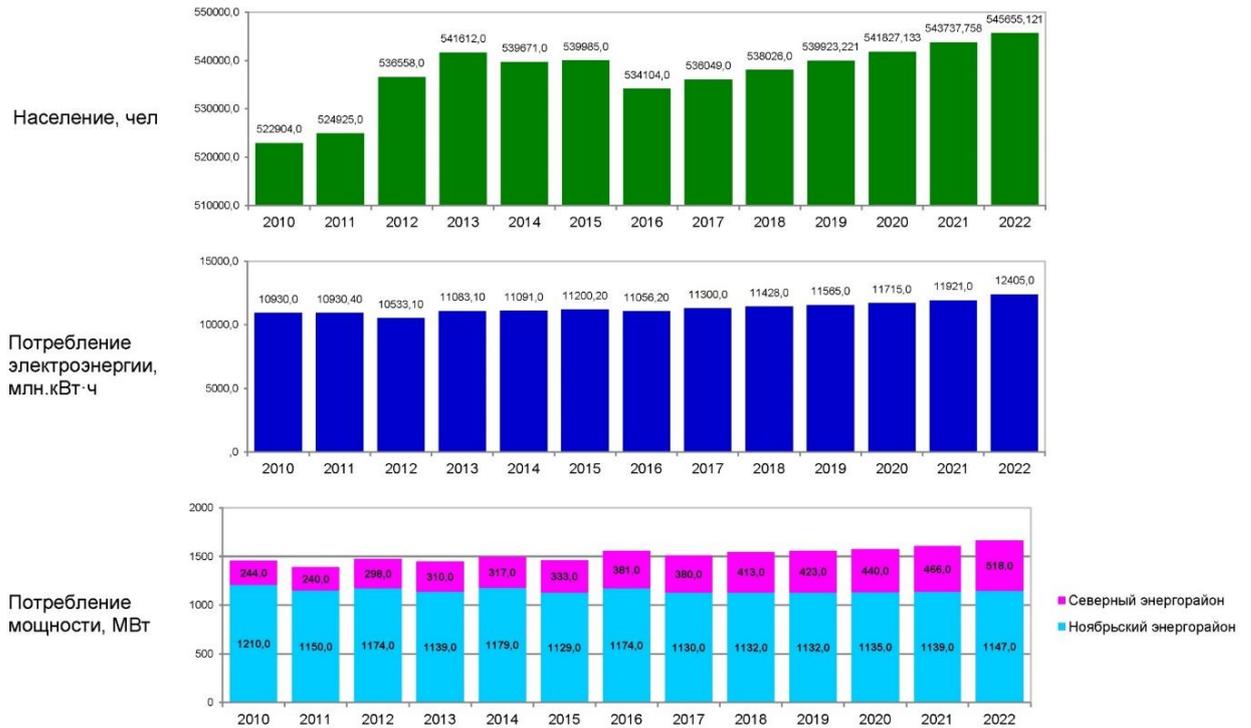


Рисунок 2.7.3.2 – Отчётные показатели функционирования электроэнергетической системы ЯНАО

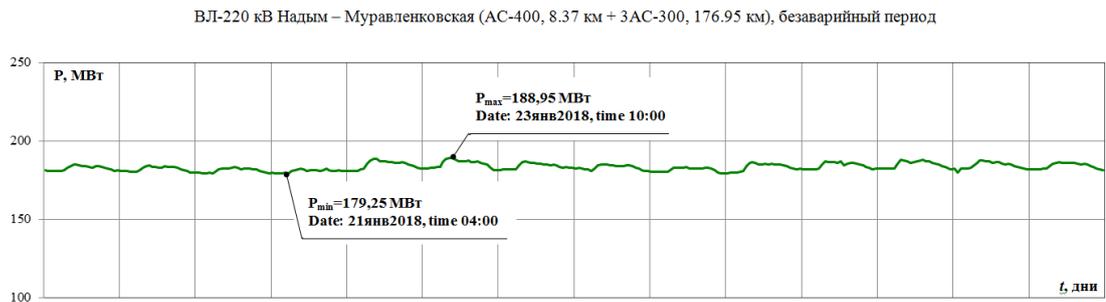
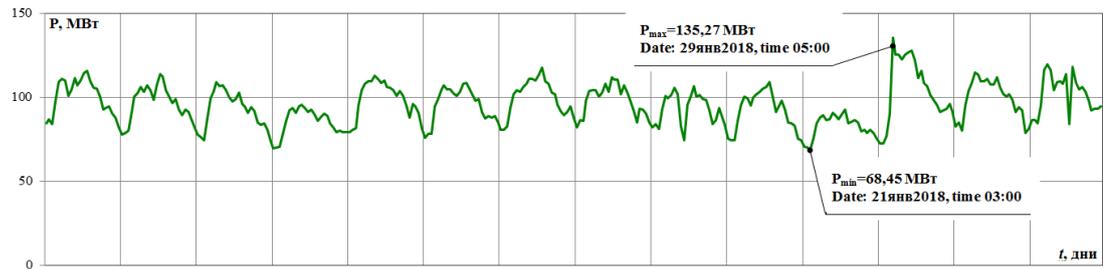


Рисунок 2.7.3.3 – Переток активной мощности по ВЛ-220 кВ Надым – Муравленковская и Уренгойская ГРЭС – Тарко-Сале (в габаритах 500 кВ), 18-31 января 2018 г.*

2.7.4. Э20180 АР «Электроснабжение районов в суровых климатических условиях»

В рамках кейса необходимо проанализировать климатические особенности ряда населенных пунктов, расположенных в суровых климатических условиях. Необходимо разработать схему энергоснабжения одного из них и определить необходимую мощность генерации, исходя из которой должен быть предложен проект энергокомплекса с долей возобновляемых источников электроэнергии не менее 30%. Необходимо также оценить влияние разработанного проекта на экологию региона и разработать перечень мероприятий по минимизации негативных эффектов.

Описание регионов

Сегодня на территориях Дальневосточного федерального округа (ДФО) создаются территории опережающего развития, всего выделено 18 ТОР с общим объемом инвестиций более 2 трлн. руб. Регионы ДФО занимают более 10,3 млн. км², что составляет около 60% от всей площади Российской Федерации. Кроме того, именно здесь сконцентрирована большая часть полезных ископаемых, это 85 % общероссийских запасов свинца и платины, 80 % угля и молибдена, 71 % никеля, 69 % меди, 44 % серебра и 40 % золота, порядка 67,3 трлн. куб. м. природного газа, и 38,9 трлн.м³ нефти. Но главным богатством данных регионов остаются возобновляемые источники электроэнергии, их запасы колоссальны. Только экономически обоснованная часть энергопотенциала по данным ПАО «РусГидро» и АО «УК ГидроОГК» составляет более 400 млрд. кВтч. Для сравнения, годовая выработка такого гиганта как Саяно-Шушенская ГЭС всего 23 500 млн. кВтч.

Регионы ДФО являются наиболее перспективными в освоении гидропотенциала (рис. 2.7.4.1), на карте в процентах отражена возможность освоения гидроресурсов.

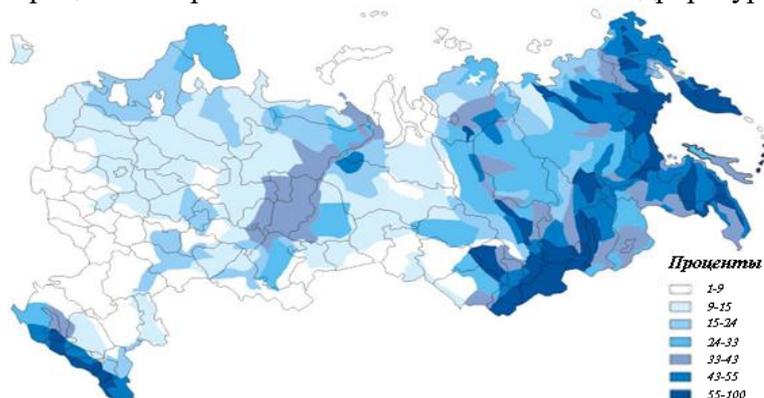


Рисунок 2.7.4.1 – Карта гидропотенциала России

Кроме того, огромные площади регионов совокупно с низкой плотностью населения и высокими показателями солнечной инсоляции позволяют говорить об огромной перспективе развития солнечной энергетики. Карта распределения солнечной инсоляции в регионах ДФО приведена на рисунке 2.7.4.2. Суммарная солнечная радиация на 1 м² в регионах ДФО сопоставима с радиацией Краснодарского края.



Рисунок 2.7.4.2 – Уровень солнечной инсоляции на территории России

На рисунке 2.7.4.3 приведены значения валового электроэнергетического потенциала солнечной энергии для регионов РФ, для оценки используются среднемесячные дневные значения суммарной солнечной радиации, падающей на 1 м² горизонтальной плоскости (кВт·ч/(м²·день)), приведённые к годовому значению по каждому региону России (кВт·ч/(м²·год))

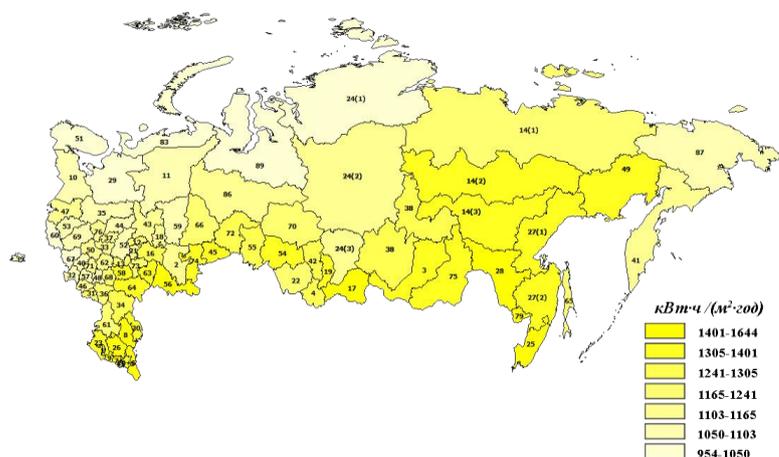


Рисунок 2.7.4.3 – Карта валового электроэнергетического потенциала солнечной энергии

Энергетические ветровые зоны в ДФО расположены, на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, на побережье Охотского, Баренцева, Берингово морей, а так же в Приморском крае. Теоретический потенциал ветровой энергии только по Республике Саха (Якутия), согласно справочным данным, составляет 279 288 млрд. кВт/ч. На рисунке 2.7.4.4 представлена карта ветров России, средняя годовая скорость ветра для применения ветроэнергетики должна составлять не менее 4-5 м/с.

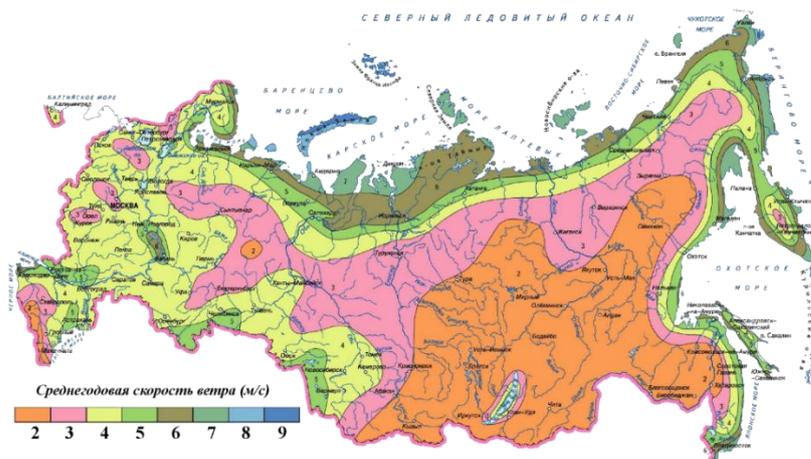


Рисунок 2.7.4.4 – Карта ветров России

Главными проблемами энергетики районов ДФО являются:

1. Изолированность
2. Суровые климатические условия
3. Огромные расстояния и слабо развитая инфраструктура
4. «Северный завоз». Для бесперебойного обеспечения населения электроэнергией необходимо создать достаточный запас топлива в населённых пунктах в летний период. В связи со сложностями логистики удельная стоимость топлива возрастает примерно в 1,5-2,5 раза, по сравнению с регионами, где существует ЕЭС.

Стоимость условного кВт·ч для изолированных регионов ДФО составляет 32-73 руб. Тариф для населения естественно ниже реальной стоимости выработки, большая часть стоимости ложится на региональный и федеральный бюджет.

Для рассматриваемых районов (республика Якутия, Магаданская область, Камчатский край, Хабаровский край, Красноярский край и др.) характерно электроснабжение населенных пунктов с низкой плотностью населения и слабыми сетевыми связями. Около 64% территории ДФО является зоной локальной энергетики, в которой проживает 20-25% населения.

Сложные климатические условия регионов

Аномально низкие температуры – в ДФО расположены оба мировых полюса холода городе Верхоянск и селе Оймякон (рисунок 2.7.4.5). Минимальная температура в Верхоянске зарегистрирована в январе 1885 г и составила $-67,8^{\circ}\text{C}$, абсолютный мировой минимум зарегистрирован в Оймяконе и составил $-77,8^{\circ}\text{C}$ в 1938 г.



Рисунок 2.7.4.5 – Карта продолжительности отрицательных температур

Свыше 85% территорий ДФО располагается в зоне распространения многолетнемерзлых пород. Область распространения вечной мерзлоты в России составляет около 11 млн км² это порядка 65% от всей территории (рисунок 2.7.4.6).

Важной особенностью многолетнемерзлых грунтов является наличие в порах связанной воды в виде льда. При низких температурах несущая способность таких грунтов высока, и они являются хорошим основанием для объектов строительства, но при увеличении температуры и вытаивании льдистых включений, возможна потеря несущей способности в связи с изменением физико-механических свойств мерзлых грунтов.

Распространение многолетнемерзлых грунтов



Рисунок 2.7.4.6 – Карта распространения многолетнемерзлых пород в России

Не рекомендуется допускать оттаивание многолетнемерзлых пород. Для сохранения термического режима многолетнемерзлых грунтов применяются различные конструкции и сезонные охлаждающие устройства (СОУ), позволяющие безопасно эксплуатировать конструкции. Существуют идеи использовать термальную составляющую СОУ для получения дополнительной энергии на каждом объекте.

К основным видам защитных конструкций относятся:

- применение площадного жидкостного охлаждения на основе хладагентов с носителем холода. Это позволяет обезопасить большие площади и предотвратить оттаивание, но весьма дорого при эксплуатации;
- строительство объектов на сваях – это позволяет сократить теплопередачу от конструкции в основание, но не гарантирует безопасность сооружения;
- комбинирование конструктивных параметров с СОУ – применяется свайный фундамент для естественной проморозки грунтов и воздушные СОУ для глубинной проморозки.

Действующая сегодня программа Минэнерго о модернизации существующих мощностей до 2035 года, оценивается, в 3,5 трлн. рублей. Предлагается ввод дополнительных «зелёных» мощностей в количестве 5,2 ГВт. Такое решение позволит России сформировать объём ВИЭ генерации в размере 11,6 ГВт. При этом в документах министерства энергетики не даны рекомендации к применению определённых типов генерации.

Основной задачей кейса является разработка энергообъекта, предназначенного для обеспечения электроэнергией населённого пункта с градообразующим предприятием, в климатических условиях регионов ДФО. Решение по комплексу должно быть спроектировано для одной из пяти опорных зон (рисунок 2.7.4.7) и включать в себя: традиционную и ВИЭ генерацию.

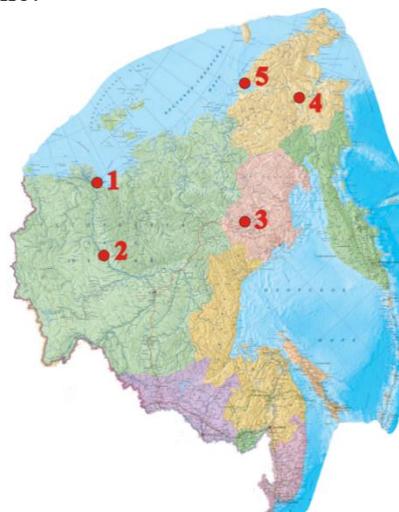


Рисунок 2.7.4.7 – Карта-схема расположения опорных пунктов

Опорный пункт №1 – Тикси. Посёлок городского типа Тикси расположен на побережье бухты Тикси в море Лаптевых. Поселок является центром Булунского улуса Республики Саха (Якутия). Потребители электроэнергии: Порт и полярная станция.

Опорный пункт №2 – Жиганск. Поселок Жиганск находится на берегу реки Лены и является административным центром Жиганского улуса Якутии. Потребители электроэнергии - горнодобывающее предприятие по добыче бурого угля.

Опорный пункт №3 – Сусуман. Город Сусуман расположен на берегу реки Берелёх (бассейн Колымы) в Анадырском районе Чукотского автономного округа. Город является административным центром Сусуманского района и соответствующего ему городского округа Магаданской области. Потребители электроэнергии: горнодобывающая компания «Берелёх» и угольный разрез «Кадыкчанский».

Опорный пункт №4 – Усть-Белая. Село Усть-Белая находится на реке Анадырь в Анадырском районе Чукотского автономного округа. Потребители электроэнергии: горнодобывающее предприятие по добыче золота.

Опорный пункт №5 – Певек. Город Певек расположен на восточном берегу пролива Певек, соединяющего Чаунскую губу и Восточно-Сибирское море. Певек является административным центром городского округа Певек Чукотского автономного округа. Потребители электроэнергии: горнодобывающее предприятие по добыче золота.

Теоретическая часть

Выбор схемы энергокомплекса

Для выбранного опорного пункта необходимо разработать упрощенную схему электроснабжения и определить максимальную мощность генерации, исходя из показателей потребителей:

- потребляемая мощность населенного пункта в пиковые часы – 8 МВт;
- мощность потребления градообразующего предприятия в пиковые часы – 12 МВт;
- базовая (среднегодовая) потребляемая мощность населенного пункта – 7 МВт;
- базовая (среднегодовая) потребляемая мощность градообразующего предприятия – 10 МВт;
- потери при передаче воздушными линиями 0,4 кВ суммарно составляют 2,3% от всей передаваемой мощности;
- потери при передаче воздушными линиями 6 кВ суммарно составляют 0,6% от всей передаваемой мощности;
- потери при передаче воздушными линиями 10 кВ составляют суммарно 0,1% от всей передаваемой мощности;
- потерями на линиях свыше 10 кВ можно пренебречь;
- суммарные потери всех трансформаторов составляют 5% от всей передаваемой мощности.

На рисунке 2.7.4.8 приведена упрощенная схема электроснабжения локально расположенного населённого пункта

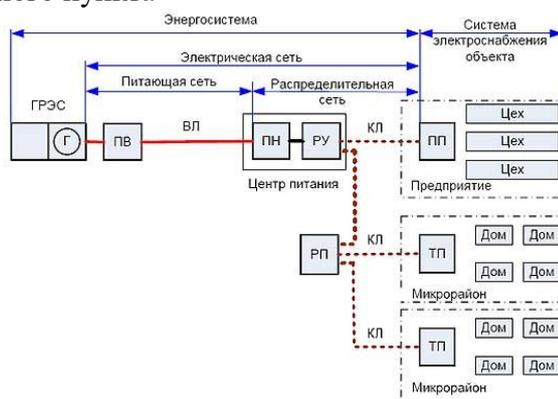


Рисунок 2.7.4.8 – Пример упрощенной схемы электроснабжения

Подбор генерирующего оборудования

Подбор генерирующего оборудования, для локальной энергосистемы, проводится после определения максимальной мощности исходя из разработанной схемы электроснабжения. Для определения финансовых показателей средняя стоимость объектов генерации приведена к условному 1 МВт ч. В приведённых в таблице 2.7.4.1 стоимостях ВИЭ генерация работает с максимально возможным КПД.

Таблица 2.7.4.1

Укрупнённые показатели стоимости возведения ВИЭ-генерации, 1 МВт/руб

П.н.	Наименование	СЭС	ВЭС	Мини-ГЭС	Безплотинная мини-ГЭС
		Ориентировочная стоимость, руб.			
1	Предпроектные и проектные работы: прохождение государственной экспертизы	2 700 000	3 500 000	15 000 000	7 500 000
2	Стоимость оборудования для сортировки и сжигания мусора	37 600 000	20 900 000	27 400 000	17 000 000
3	Оборудование и система мониторинга	9 900 000	5 700 000	5 300 000	5 300 000
4	Дополнительное оборудование и материалы	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000
5	Строительно-монтажные работы (включая пуск и наладку оборудования)	5 300 000	7 400 000	32 700 000	8 800 000
6	Обучение персонала	1 000 000	900 000	1 000 000	900 000
	Всего:	59 000 000	40 900 000	83 600 000	42 000 000

Укрупнённые показатели стоимости возведения традиционной генерации, 1 МВт/руб

	Наименование	ДЭС	Газопоршневая ТЭС	Угольная ТЭС	МСЗ (100кВт)
		Ориентировочная стоимость, руб.			
1	Предпроектные и проектные работы: прохождение государственной экспертизы	4 000 000	8 000 000	10 000 000	7 000 000
	Оборудование и материалы				
2	Стоимость оборудования для сортировки и сжигания мусора	10 000 000	29 600 000	20 300 000	15 600 000
3	Оборудование и система мониторинга	3 300 000	6 300 000	2 300 000	6 700 000
4	Дополнительное оборудование и материалы	2 500 000	2 500 000	16 800 000	2 000 000
5	Строительно-монтажные работы (включая пуск и наладку оборудования)	5 700 000	6 400 000	15 700 000	4 900 000
6	Обучение персонала	900 000	900 000	1 400 000	900 000

Определение инвестиций

В кейсе оценка производится по чистой текущей стоимости (NPV). Чистая текущая стоимость отражает прибыль инвестора (добавочную стоимость инвестиций), которую инвестор ожидает получить от реализации проекта, после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением такого проекта. Для расчёта NPV необходимо:

- Составить прогнозный график денежных потоков по инвестиционному проекту в разрезе временных периодов;
- Денежные потоки должны включать как доходы (притоки средств), так и расходы (осуществляемые инвестиции и прочие затраты по реализации проекта);
- Определить размер ставки дисконтирования;
- Определить величину инвестиционных затрат проекта.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

где:

NPV (Net Present Value) – чистая текущая стоимость инвестиционного проекта;
– денежный поток;

r – ставка дисконтирования;

n; t – общее количество лет проекта.

I₀ – величина инвестиционных затрат проекта.

Возможны три варианта значения NPV:

NPV > 0 – чистая текущая стоимость имеет положительное значение, это свидетельствует о полной окупаемости инвестиций, а значение NPV показывает итоговый размер прибыли инвестора. Инвестиции являются целесообразными вследствие их экономической эффективности.

NPV = 0 – чистая текущая стоимость имеет нулевое значение, это свидетельствует об окупаемости инвестиций, но инвестор при этом не получает прибыль. Например, если были использованы заёмные средства, то денежные потоки от инвестиционных вложений позволят в полном объеме рассчитаться с кредитором, в том числе выплатить причитающиеся ему проценты, но финансовое положение инвестора при этом не изменится. Таким образом, год в который NPV стал равен нулю, является годом, в который проект окупился.

NPV < 0 – чистая текущая стоимость имеет отрицательное значение, инвестиции не окупаются, инвестор получает убыток.

К инвестированию принимаются все проекты, которые имеют положительное значение NPV. Для расчета экономической эффективности проекта рекомендуется заполнить соответствующую форму для каждого года.

Тарифы и стоимости приведены для базового года (2018 год). Для последующих лет необходимо выполнить пересчет с учетом макроэкономических показателей РФ согласно таблице 2.7.4.3.

Таблица 2.7.4.3

Форма для определения экономической эффективности

Исходные данные	Значение
Общая стоимость объекта, руб.	
Прочие расходы, руб. на объект	
Срок амортизации, лет	20
Кол-во объектов, ед.	1
Затраты на ремонт объекта, руб.	
Первый ремонт объекта, лет после постройки	5
Периодичность ремонта объекта, лет	5
Прочие расходы при эксплуатации объекта, руб.	
Возникновение прочих расходов, лет после постройки	
Периодичность расходов, лет	
Расход топлива, литр/МВт*ч	240
Стоимость топлива при северном завозе, руб/литр	35
Итого расходов по проекту (выразить в форме ежегодных)	
Доходы от реализации электроэнергии	
Стоимость продажи электроэнергии для населения, руб/КВт*ч	2,5
Стоимость продажи электроэнергии предприятию, руб/КВт*ч	2,63
Денежный поток, руб	
Номер года для расчета ставки дисконтирования	

Таблица 2.7.4.4

Прогноз макроэкономических показателей РФ по данным Минэкономразвития

Показатель	Вариант	Ед.	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
индекс инфляции	Целевой	%	4,7	4,0	4,0	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,0
	Пессим-ый	%	5,3	4,7	4,5	4,4	4,5	4,2	4,0	4,0	4,0	3,8	3,5	3,1
темп роста цен на топливо для потребителей	Целевой	%	2,0	3,7	3,3	3,7	4,0	3,6	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,5
	Пессим-ый	%	1,6	2,9	2,6	2,9	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0
темп роста цен на уголь	Целевой	%	4,2	4,3	4,3	3,8	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2
	Пессим-ый	%	4,7	5,0	4,8	4,7	4,8	4,5	4,3	4,3	4,3	4,1	3,7	3,4
курс доллара США к рублю	Целевой	руб	67,5	68,7	71,1	71,9	73,3	74,8	76,3	77,8	79,4	81,0	82,6	84,3
	Пессим-ый	руб	77,0	79,7	82,5	84,1	85,8	87,5	89,3	91,1	92,9	94,7	96,6	98,6
курс Евро к рублю	Целевой	руб	70,9	72,1	74,6	75,5	77,0	78,6	80,1	81,7	83,4	85,0	86,7	88,5
	Пессим-ый	руб	84,7	87,7	90,7	92,5	94,4	96,3	98,2	100,2	102,2	104,2	106,3	108
ставка дисконтирования	Целевой	%	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Пессим-ый	%	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
темп роста энергопотребления в РФ	Целевой	%	0,5	1,5	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8
	Пессим-ый	%	0,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
темп роста регулируемого тарифа	Целевой	%	5,8	4,9	4,8	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,0
	Пессим-ый	%	4,0	4,0	4,0	3,0	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,7

Задание

1. В рамках разработки энергообъекта расположенного в суровых климатических условиях и предназначенного для обеспечения электроэнергией населённого пункта с градообразующим предприятием, необходимо выбрать опорный пункт с промышленным предприятием на территории ДФО и обосновать выбор. Обоснование должно включать:

- потенциал использования различных видов возобновляемых источников энергии;

- анализ наличия ресурсов/полезных ископаемых;
- анализ транспортной инфраструктуры;
- экологические ограничения (например, минимизация негативного воздействия на заповедные зоны).

2. Для выбранного опорного пункта необходимо разработать упрощенную схему электроснабжения населенного пункта и рассчитать мощность генерации, требующуюся для удовлетворения спроса на электроэнергию (используя данные о потерях при передаче электроэнергии и данные о нуждах потребителей).

3. Используя природно-климатические особенности выбранного опорного пункта, выбрать типы электростанций и состав их генерирующего оборудования для локальной электроэнергетической системы населённого пункта и дать краткое обоснование по каждому принятому решению. Возможно использование не только представленных в кейсе предложений по возобновляемой и традиционной генерации, накопителям энергии, но также предложить свои решения (учитывайте, что при выполнении данного кейса потребуется обоснование их целесообразности, в том числе экономическое).

4. Составить схему энергокомплекса с долей возобновляемых источников энергии не менее 30% от установленной мощности при условии, что:

- отказ одного любого элемента электроэнергетической системы не должен приводить к нарушению электроснабжения потребителей. Рекомендуется резервирование выработки электроэнергии возобновляемой генерации традиционной генерацией;
- должна быть предусмотрена возможность компенсации возникающей (из-за ее изолированности) реактивной мощности в энергосистеме;
- должна быть произведена оценка целесообразности применения накопителей электрической энергии при разработке схемы энергокомплекса;
- в случае если разработанный энергокомплекс оказывает отепляющее воздействие (или любое другое) на окружающую среду, то должен быть разработан и описан перечень мероприятий по минимизации негативного эффекта.

5. Оценить стоимость и сроки строительства разработанного энергокомплекса.

6. Оценить экономическую эффективность проекта, исходя из расчета чистой текущей стоимости проекта и срока его окупаемости (см. соответствующий раздел кейса).

7. Описать все эффекты от реализации проекта, как положительные, так и отрицательные (экологические, экономические, инновационные, социальные и пр.).

8. Составить дорожную карту проекта, включающую в себя этапы реализации проекта и их описание, временной диапазон каждого из этапов и их очередность, ключевые показатели, описание заинтересованных компаний и ведомств («стейкхолдеры» проекта).

При решении кейса необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Только отечественные поставщики оборудования.
2. Проблемы привлечения инвестиций. Любая производственная деятельность в условиях российского Севера требует колоссальных затрат (материальных и трудовых). Связано это в первую очередь с экстремальными природными условиями, удаленностью от крупных промышленных и финансовых центров, слабо развитой логистикой и малой покупательской способностью, как следствия небольшого количества жителей. В регионе выгодно инвестировать в добычу полезных ископаемых (природный газ, нефть, металлы и др.), а выгода от замещения части дизельного топлива возобновляемой энергией позволяет сократить производственные издержки.

3. Минимизация вреда окружающей среде Севера и населению. В связи с подписанием Россией Парижского соглашения вопросы экологии выходят на первый план. К ним относятся: загрязнение воздуха, водных объектов, загрязнение почв, тепловое загрязнение, в том числе влияющее на отепление грунтового массива основания.

4. Сформировавшийся рынок поставщиков и потребителей. В рамках «северного завоза» сформировались тесные экономические связи между поставщиками дизельного генерирующего оборудования и дизельного топлива и потребителями на местах. Ввиду

отлаженных связей, «продать» рынок продажи дизельного топлива без поддержки и «железных» обоснований альтернативы дизель-генераторам, довольно сложно.

5. Отсутствие связи с другими энергетическими системами. Опорные точки являются элементами изолированной локальной энергетической системы, отсутствуют любые связи с внешними энергосистемами.

Дополнительная информация

Солнечная электростанция

В нашей стране имеется опыт создания, возведения и эксплуатации СЭС в суровых климатических условиях. Это СЭС ПАО РусГидро в Себян-Кюель Кобяйском улусе и Орто-Балаган Оймяконский улусе Республики Саха мощностью 50 кВт, которые обеспечивают экономию дизельного топлива до 15 т в год. Краткая информация возведённых объектов солнечной энергетики с экономией дизельного топлива в год, приведена в таблице 2.7.4.5.

Таблица 2.7.4.5

Действующие СЭС в суровых климатических условиях

п.н.	Наименование СЭС	Регион	Установленная мощность, кВт	Год ввода	Ежегодная экономия топлива, тонн
1	СЭС в п. Батагай	Республика Саха (Якутия)	1 000	2015	300
2	СЭС в п. Столбы	Республика Саха (Якутия)	10	2015	3,6
3	СЭС в п. Дельгей	Республика Саха (Якутия)	80	2016	24,2

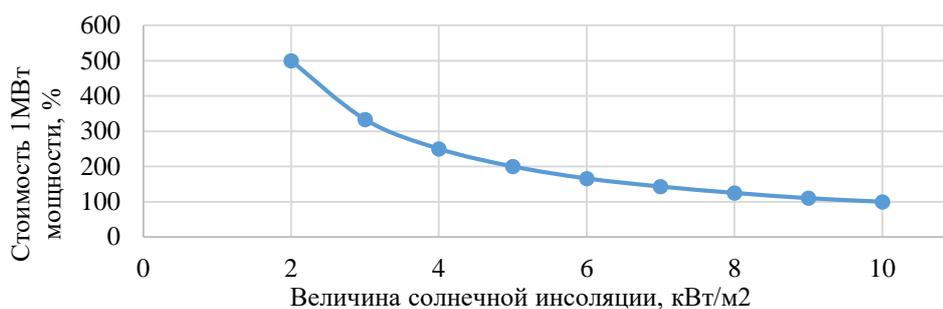


Рисунок 2.7.4.9 – Зависимость стоимости 1 МВт мощности солнечной панели от величины солнечной инсоляции

Ветровая электростанция

На настоящий день наиболее распространение получили ветро-дизельгенераторы, несмотря на невысокий КПД ветрогенераторов в среднем по России, в этих зонах его потенциал может достигать более 30%. Группа РусГидро реализует проекты в области ветроэнергетики на территории Дальневосточного федерального округа. Некоторые из ВЭС Группы РусГидро, с приблизительными значениями экономии топлива в тоннах представлены в таблице 2.7.4.6.

Таблица 2.7.4.6

Действующие ВЭС

п.н.	Наименование ВЭС	Регион	Установленная мощность, кВт	Год ввода	Ежегодная экономия топлива, тонн
1	ВЭС п. Никольское,	Камчатский край	550	2013	370
2	ВЭС п. Усть-Камчатск, 1 этап	Камчатский край	275	2013	550
3	ВЭС п. Усть-Камчатск, 2 этап	Камчатский край	900	2015	
4	ВЭС п. Новиково	Сахалинская область	450	2015	227

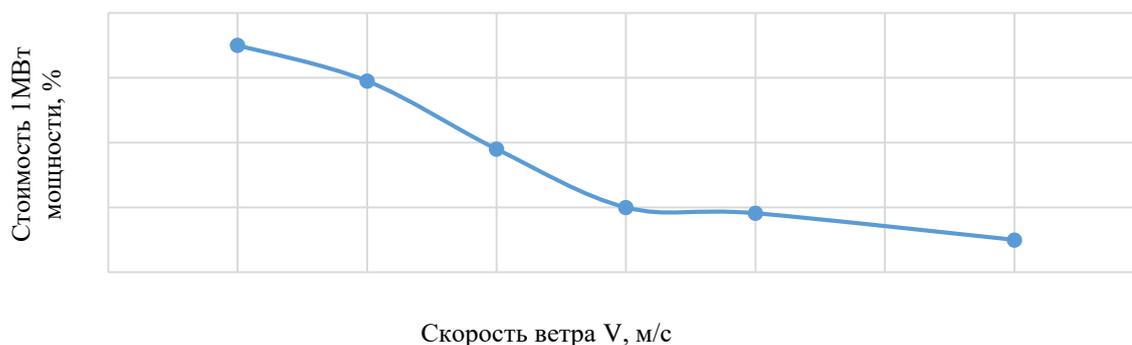


Рисунок 2.7.4.10 – Зависимость стоимости 1 МВт мощности ветроустановки от скорости ветра

Мини-гидроэлектростанция

Сегодня стоимость возведения малой ГЭС сложно привести к одной цифре, так как шаблонного и унифицированного решения нет. Осреднённые значения находятся в диапазоне от 30 до 120 млн.руб., а срок окупаемости капитальных вложений – от 2 до 6 лет, показатели стоимости для решения в кейсе приведены в таблице 2.7.4.1.

Наиболее трудоемким процессом при создании гидроэлектростанций является возведение водосбросных сооружений, защитных и напорных дамб. Стоимость и трудозатраты на проведение строительно-монтажных работ снижаются ежегодно благодаря использованию новых материалов и готовых изделий.

Условная стоимость проточного безплотинного всепогодного модуля мини-гидроэлектростанции с гидроагрегатами с осевыми турбинами мощностью до 1000 кВт составляет около 17 000 руб. за 1 кВт установленной мощности. В условиях севера, обслуживание проточного безплотинного всепогодного модуля мини-гидроэлектростанции затруднено из-за климатических факторов (ледостав, ледоход) и короткого теплого периода.

Дизель-генератор

Дизель-генераторы характеризуются низким использованием установленной мощности, что объясняется двумя обстоятельствами. Первое – дизельные электростанции, работают в автономной энергосистеме, в таких системах нагрузка ночью падает почти до нуля, а вечером имеет максимум. В связи с этим мощность дизеля необходимо выбирать по максимуму нагрузки, поэтому остальное время дизель-генератор работает в режиме малой загрузки. Второе – дизель-генератор в автономных энергосистемах должен иметь резерв, на случай выхода из строя основного. Средний КПД дизельных генераторов в России низок и составляет всего 36%.

К недостаткам относятся: дорогостоящее и неэкологичное топливо, поставляемое в рамках «северного завоза»; негативное воздействие на экологию за счет выбросов отработанных газов и тепла в атмосферу; большое тепловыделение при работе, что ведет к необходимости установки СОУ для недопущения оттаивания грунтов.

Средние показатели стоимости дизель-генератора для решения в кейсе приведены в таблице 2.7.4.2.

Газопоршневые электростанции

Газовые двигатели используются для работы в составе генераторных установок, предназначенных для постоянной и периодической работы (пиковые нагрузки) с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла, а также в качестве аварийных источников энергии. В случае если в газопоршневых электростанциях используется технология, позволяющая получать ещё и холод (актуально для промышленного охлаждения СОУ), то данная технология называется «тригенерация». Средние показатели стоимости газопоршневой электростанции приведены в таблице 2.7.4.2.

К недостаткам газопоршневых электростанций относятся: негативное воздействие на экологию за счет выбросов отработанных газов и тепла в атмосферу; большое тепловыделение при работе; необходимость доставки топлива в удалённые регионы.

Угольные тепло-электростанции

Запасы угля в регионах ДФО составляют около 10,8 млрд. т, это даёт возможность предполагать, что данный тип генерации еще долго могут использоваться в качестве основных источников электрической и тепловой энергии в изолированных районах. Средние показатели стоимости угольной ТЭЦ приведены в таблице 2.7.4.2.

К недостаткам угольных тепло-электростанций относятся: негативное воздействие на экологию – создание золошлакоотвалов, выброс в атмосферу отработанных газов и тепла; большое тепловыделение при работе, что может привести к деградации многолетнемёрзлых пород основания; низкая маневренность.

Мусоросжигательные заводы (МСЗ)

Электроэнергию, получают из мусора, утилизируя различные типы отходов жизнедеятельности людей. Перерабатываемые отходы: ТБО после грубой сортировки; покрышки; древесные отходы; иловые осадки городских очистных сооружений; нефтешламы и др. Для возможности выработки электроэнергии МСЗ должен быть оснащен энергогенерирующей установкой. Средние показатели стоимости МСЗ для решения в кейсе приведены в таблице 2.7.4.2. Выработка электроэнергии зависит от загруженности производственно-сортировочных линий. Основными недостатками мусоросжигательных заводов являются: МСЗ источник загрязнения окружающей среды; для работы необходим полигон для складирования и сортировки отходов.

При строительстве мусоросжигательных заводов, с целью минимизации негативных экологических последствий, необходимо тщательно подбирать компоновку, учитывая типы перерабатываемых отходов, и использовать проверенные технологии, обеспечивающие минимальное загрязнение окружающей среды.

Накопители энергии

На сегодняшний день накопители энергии широко применяются в электроэнергетических системах. Несмотря на их высокую стоимость, они находят применение для регулирования как установившихся, так и переходных режимов. В последнее время для накопления энергии все шире применяются новые типы – электрохимические, роторные, на сжатом воздухе, сверхпроводниковые и др. Высокая стоимость накопителей компенсируется следующими преимуществами, получаемыми при их применении: сокращением объемов строительства дополнительных элементов энергосистемы путём оптимизации потокораспределения; получением быстродействующих средств регулирования режима, поставляемых на рынок системных услуг; обеспечением интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему; повышением надежности электроснабжения ответственных потребителей.

2.7.5. Э20190 «Системы диагностирования силового трансформаторного оборудования и линий электропередачи»

В рамках кейса необходимо дать характеристику действующему комплексу систем диагностики силовых трансформаторов и линий электропередачи. Определить эффективность действующего комплекса системы диагностики силовых трансформаторов и линий электропередачи МЭС Востока, выявить его преимущества и недостатки. Оценить влияние применения средств диагностики силовых трансформаторов и линий электропередачи на энергоэффективность процесса транспорта электрической энергии в электрических сетях ПАО «ФСК ЕЭС»

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Востока

Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Востока, работают на территории Дальневосточного федерального округа. В зону его обслуживания входят пять субъектов Российской Федерации с населением свыше 6 млн. человек. МЭС Востока отвечает за бесперебойную работу более 15 800 км линий электропередачи и 91 подстанции 220-500 кВ суммарной мощностью более 15 200 МВА. Филиал обеспечивает электрическую связь ОЭС Востока с энергосистемой Сибири и экспорт электроэнергии в Китайскую народную республику. В оперативном подчинении МЭС Востока находятся три предприятия магистральных электрических сетей (ПМЭС) – Хабаровское, Амурское и Приморское. Штатная численность персонала МЭС Востока – до 2000 чел. В таблице 2.7.5.1 перечислено силовое оборудование на балансе МЭС Востока числится (на 01.01.2019). Объем эксплуатационного обслуживания МЭС Востока приведен в таблице 2.7.5.2.

Таблица 2.7.5.1

Силовое оборудование МЭС Востока

Линии электропередачи		Подстанции	
ВЛ 500 кВ	более 3 923 км	ПС 500 кВ	9 шт.
ВЛ 220 кВ	более 11 831 км	ПС 220 кВ	82 шт.
КЛ 220 кВ	53 км		

Таблица 2.7.5.2

Объем эксплуатационного обслуживания

№	ПМЭС	ПС		ЛЭП		Прочее оборудование *у.е.	ВСЕГО *у.е.
		шт.	*у.е.	км	*у.е.		
1.	Амурское	37	22 876,08	8 241	19 982,82	6 082,17	49 941,07
2.	Хабаровское	27	17 217,72	4 274	11 590,04	3 788,23	32 593,00
3.	Приморское	27	24 840,40	3 292	9 887,34	3 770,15	38 497,89
4.	ИА МЭС Востока		33,00		553,47	553,47	586,47
	ВСЕГО:	91	65 964,20	15 807	41 462,20	17 194,03	121 618,43

Энергосистема республики Саха (Якутия)

В составе энергосистемы действуют объекты генерации установленной электрической мощностью 1623,7 МВт. Наиболее крупными из них являются каскад Вилюйских ГЭС, Светлинская ГЭС, Якутская ГРЭС и Якутская ГРЭС Новая. В электроэнергетический комплекс республики входят также линии электропередачи класса напряжения 220–110 кВ протяженностью 7821 км, трансформаторные подстанции суммарной мощностью 3232 МВА. На территории энергосистемы площадью 1026 тыс. км² проживает 743 тыс. чел.

02 января 2019 г. Западный и Центральный энергорайоны энергосистемы Якутии вошли в состав ЕЭС России с включением на параллельную работу с ОЭС Востока. Синхронизация предусматривает их синхронную работу на единой частоте электрического тока. Это означает принятие функций АО «СО ЕЭС» по управлению энергообъектами в новой части ЕЭС России, а также распространение на присоединённые энергорайоны энергосистемы Якутии принятых в ПАО «Россети» единых принципов технической политики и передачу объектов 220 кВ и выше на баланс и в управление ПАО «ФСК ЕЭС».

По отчётным данным за 2018-й год, показатели технологического функционирования энергосистемы Якутии составили:

- Выработка электроэнергии на электростанциях – до 10 000 млн. кВт·ч.
- Потребление электроэнергии ~ 6 800 млн. кВт·ч.
- Максимум потребления мощности ~ 1 300 МВт.
- Установленная мощность электростанций ~ 2 200 МВт в составе ЕЭС.

Всего установленная мощность электростанций на территории Республики Саха (Якутия), с учётом электростанций работающих изолированно от ЕЭС, составляет до МВт. В городах и населённых пунктах, расположенных на территории Якутии, проживают 967 522 чел. (+0,33%).

Ремонтная программа и реновация основных фондов ПАО «ФСК ЕЭС»

В соответствии с утвержденной инвестиционной программой по инвестиционным проектам Программы реновации на 2016-2020 г.г. предусмотрено:

- общий ввод трансформаторной мощности – 16 687 МВА,
- объём реконструкции линий электропередачи – 243,52 км.

Инвестиционные проекты Программы реновации ПАО «ФСК ЕЭС» в зависимости от целей и объёмов выполняемых мероприятий можно классифицировать следующим образом:

- проекты комплексной реконструкции;
- проекты некомплексной реконструкции;
- целевые программы;
- программа формирования аварийного резерва, приобретения оборудования и материалов;
- резерв на аварийно-восстановительные работы.

Так, в 2014 году на финансирование реновации электрических сетей направлено 21,4 млрд. руб. Объём вводимой мощности по объектам комплексной реконструкции составил 1 846 МВА и 95,3 км. Объём финансирования по инвестиционным проектам составляет более 127 млрд. руб. Финансирование Программы в 2017 году составило более 19 млрд. руб. Также увеличились объёмы технического обслуживания и ремонта, выполненных хозяйственным способом на 6,5% или 0,5 млрд руб. (с 7,5 млрд. руб. в 2016 году до 8,0 млрд руб. в 2017 году).

В результате комплексной реализации инвестиционной программы, в 2018 г. ПАО «ФСК ЕЭС» ввела новые 4925 МВА трансформаторной мощности, 1217 км линий электропередачи. Более чем на 16% сократилось количество аварий и технологических нарушений на объектах ЕНЭС, реализован 271 договор по технологическому присоединению потребителей, суммарная присоединённая мощность новых потребителей составила 13,6 ГВт.

Аварийность на объектах ПАО «ФСК ЕЭС»

Данные по аварийности на электрических станциях установленной мощностью 25 МВт и выше и в электрических сетях напряжением 110 кВ и выше ЕЭС России ежемесячно публикуются на сайте Министерства энергетики РФ.

Максимальное количество аварий приходится на летний период. В 2018 году достигнуты самые низкие значения аварийности в истории компании. По данным показателям ПАО «ФСК ЕЭС» входит в число лучших электроэнергетических компаний в мире. Всего на объектах ЕЭС России за 2018-й календарный год зафиксировано 17627 аварий, в том числе 3277 аварии (18,6%) на электростанциях, в электрических сетях зафиксировано 14350 аварий (81,4%), из них 10871 (61,7%) аварий зафиксировано на объектах ПАО «Россети» и только 1287 аварий (7,3% от всех аварий в ЕЭС и 8,9% от аварий в ПАО «Россети»). Всего за период с 2014 по 2018-й год количество аварий на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» снижено на 45% (таблица 2.7.5.3).

Информация об аварийности на объектах ПАО «ФСК ЕЭС»

Год	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во аварий	2348	1879	1869	1533	1287
Прирост, абс.	-	-469	-10	-336	-246
Прирост, %	-	-20,0%	-0,5%	-17,9%	-16,0%

Относительно низкая аварийность на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» достигается за счёт постоянной деятельности, направленной на обеспечение надежного и бесперебойного функционирования ЕНЭС. В 2018 году за счёт внедрения нового оборудования, улучшения навыков и профессионализма персонала компании и других работ, аварийность на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» снизилась на 16%. Лидерами по снижению аварийности стали МЭС Урала (-34%) и МЭС Юга (-30%).

Анализ технологических нарушений и аварий в ПАО «ФСК ЕЭС» показывает, что 2/3 из них приходится на ЛЭП и 1/3 на ПС. Анализ аварий на линиях электропередачи показывает, что большая часть аварийных ситуаций возникла из-за гроз и других природно-климатических явлений – 55% от всех нарушений (в том числе грозовые перенапряжения - 35%); по причине жизнедеятельности птиц нарушения фиксировались в 18% случаев; еще 10% – воздействие сторонних лиц и организаций. Аварии на подстанциях ПАО «ФСК ЕЭС» в значительной мере происходят из-за износа старого оборудования и приработочных отказов нового оборудования (33% и 30% аварий на ПС соответственно).

К основным факторам, которые приводят к авариям на ПС «ПАО ФСК ЕЭС» относятся: дефекты вводов (повреждаемость 25%), повреждение обмоток трансформаторов (16%), дефекты РПН (повреждаемость 14,5%) и системы охлаждения трансформаторов и реакторов (повреждаемость 10%).

Основными причинами повреждения силового трансформаторного оборудования являются: газовыделение в масло (9%), увлажнение изоляции (4%), другие причины составляют 22%.

Согласно Положению о технической политике ПАО «Россети», удельная аварийность на ЛЭП (количество отказов в год), независимо от материала опор, нормируется для 110-220 кВ на уровне 0,6; для ВЛ-500 кВ - 0,4. При этом реальные показатели удельной аварийности на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» по количеству аварий на 1000 условных единиц всего электросетевого оборудования значительно ниже и ежегодно снижаются (таблица 2.7.5.4).

Таблица 2.7.5.4

Значения удельной аварийности 2014-2017 гг.

Год				
Удельная аварийность				

В целях повышения надёжности электроснабжения объектов ЕНЭС и снижения количества технологических нарушений с 2014 года реализуется Программа повышения надёжности основного оборудования ПС и ВЛ ПАО «ФСК ЕЭС», предусматривающая модернизацию основного оборудования за счёт установки современных узлов и конструктивных элементов, значительно улучшающих эксплуатационные характеристики, а также повышающих безопасность обслуживающего персонала.

Заводские испытания силовых трансформаторов

Каждый трансформатор, перед его отгрузкой заказчику, проходит испытания на предмет соответствия требованиям ГОСТ Р 52719-2007. Типовая программа заводских приёмо-сдаточных испытаний силовых трансформаторов включает:

1. Испытание трансформаторного масла
2. Измерение сопротивления изоляции обмоток

Измерение сопротивления изоляции обмоток постоянному току на всех положениях устройства регулирования напряжения (РПН)

4. Измерение тангенса диэлектрических потерь и ёмкости изоляции

5. Определение схемы и группы соединения, измерение коэффициента трансформации
6. Испытание повышенным напряжением изоляции на класс напряжения до 35 кВ
7. Опыт холостого хода
8. Опыт короткого замыкания

Измерение изоляции встроенных трансформаторов тока

10. Испытание устройства РПН в сборе с трансформатором и др.

По ходу проведения испытаний формируются протоколы испытаний и паспорт трансформатора, формируется заключение на соответствие трансформатора требованиям ГОСТ Р 52719-2007. Паспорт передаётся заказчику вместе с трансформатором, инструкцией по эксплуатации, другими документами, комплектом запасных частей и приспособлений.

Диагностика состояния силовых трансформаторов

Основными элементами силового трансформаторного оборудования, наиболее подверженными повреждениям являются высоковольтные вводы, изоляция активной части, контакты РПН, система охлаждения, металлоконструкции (бак, заземление), вторичных узлы и системы защиты.

В соответствии с принятой ПАО «Россети» Концепцией развития системы технического диагностирования (протокол Правления от 30.09.2016 №521пр-1/4), система технического диагностирования основана на трёх основных уровнях:

Первый уровень - предполагает проведение измерений необходимого количества нормируемых параметров с заданной периодичностью под рабочим напряжением без отключения оборудования. Диагностирование выполняется с использованием автоматизированных систем непрерывного контроля (мониторинга) и/или средствами периодического контроля, включая случаи, когда организация мониторинга невозможна или нецелесообразна.

Второй уровень - периодический контроль с выводом оборудования из работы. Диагностирование выполняется средствами периодического контроля с применением современных высокоэффективных диагностических методов и оборудования путём измерения нормируемых параметров с заданной периодичностью непосредственно после вывода оборудования из работы с целью выявления степени и характера развития дефекта, зафиксированного на предыдущих уровнях диагностического контроля.

По результатам диагностирования второго уровня принимается решение о дальнейшей эксплуатации или проведении внеочередных мероприятий в рамках третьего диагностического уровня.

Третий уровень - комплексное диагностическое обследование с выводом оборудования из работы. При проведении комплексного обследования максимально возможное число параметров измеряют на работающем оборудовании под рабочим напряжением. Параметры, которые не представляется возможным измерить под рабочим напряжением, измеряют непосредственно после вывода оборудования из работы.

Наиболее частыми факторами риска повреждаемости силового маслонаполненного оборудования является газовыделение в трансформаторном масле, увлажнение трансформаторного масла, увлажнение твёрдой изоляции. С целью предупреждения рисков развития аварийных дефектов, связанных с факторами повреждаемости оборудования, активно внедряются автоматизированные системы мониторинга и технического диагностирования (АСМД) с контролем изоляционных характеристик высоковольтных вводов под рабочим напряжением, хроматографическим анализом и увлажнённости трансформаторного масла.

Внешние осмотры и контроль состояния оборудования

Периодический внешний осмотр оборудования на подстанции с постоянным присутствием оперативного персонала осуществляется ежедневно. При осмотре силовых трансформаторов осуществляется контроль:

- состояния бака и общего внешнего вида трансформатора;

- состояние внешней изоляции, изоляторов вводов (наличие трещин и сколов фарфора/стекла, степень загрязнения поверхности, наличие коронирования);
- исправности измерительных приборов, термометров, маслоуказателей, мембраны выхлопной трубы, газового реле, наличие масла в окнах вводов;
- отсутствия подтекания масла из бака трансформатора;
- состояния доступных для наблюдения контактных соединений и отсутствия их сильного нагрева.

Эффективный контроль нагрева осуществляется с помощью специализированных измерительных приборов, фиксирующих температурные изменения в инфракрасном спектре на расстоянии, без прямого контакта с контролируемым объектом. Одновременно осматриваются все контрольные средства, по показаниям которых можно судить о появлении какой-либо неисправности. При осмотре также выявляются усиленный гул, вибрация, нарушение наружных контактных соединений, сопровождаемое потрескиванием, нарушение крепления ошиновки, деформация элементов и т.д.

При ежегодном осмотре линий электропередачи осуществляется контроль: противопожарного состояния трассы, состояние фундаментов, состояние опор, состояние проводов и тросов, состояние изоляторов, состояние арматуры.

Персонал, заметивший при осмотре нарушения в работе оборудования, должен зафиксировать неисправность в эксплуатационном документе и информировать об этом службу ТОиР ПМЭС. Далее принимаются меры для устранения неисправности, если это возможно без отключения оборудования. При обнаружении внутренних или внешних повреждений, оборудование должно быть внепланово выведено в ремонт по заявке.

Физико-химический контроль

Для ХАРГ разработаны специальные методики, позволяющие по наличию наборов газов с их концентрациями выявлять: повреждения бумажной изоляции, наличие электрической дуги, замыкание в корпус; дефекты на ранней стадии их развития; предполагаемый характер дефекта и степень имеющегося повреждения.

Состояние оборудования оценивается сопоставлением полученных при анализе количественных данных с граничными значениями концентрации газов и по скорости роста концентрации газов в масле. Периодичность проведения ХАРГ трансформаторного масла для трансформаторов 110 кВ и выше – не реже 1 раза в 6 месяцев.

Рекомендуемая периодичность проведения ХАРГ в масле для герметичных вводов 110-220 кВ – 1 раз в 4 года; для вводов 330-750 кВ – 1 раз в 2 года. Решение о проведении учащённого ХАРГ принимается техническим руководителем объекта.

Тепловизионная диагностика

Тепловизионное обследование основано на фиксации инфракрасного излучения. Во время тепловизионного обследования силового оборудования, проводят проверку следующих основных узлов, частей, соединений и агрегатов: высоковольтные вводы, кабельные вводы; баки трансформаторов; систему охлаждения трансформатора (включая радиаторы, вентиляторы, маслонасосы); термосифонные фильтры; контактные соединения, клеммы и аппаратные зажимы.

В результате тепловизионного обследования легко обнаружить термические дефекты: повышенная температура контактов в месте соединения обмоток НН с выводами трансформатора; повышение температуры в месте болтовых креплений колокола бака; аномальные нагревы активной части силового оборудования.

Так же, с помощью тепловизионного оборудования выявляют сбои в работе систем охлаждения трансформатора и регенерации масла. В охлаждающих системах трансформаторов проверяют работу вентиляторов и маслонасосов, циркуляцию масла в радиаторах и его регенерацию.

Ультрафиолетовый контроль

Эффективной мерой диагностики технического состояния электрооборудования и электроустановок без их вывода из работы является метод ультрафиолетового контроля (УФК) с применением ультрафиолетовых камер (дефектоскопов).

Ограничения применения метода УФК связаны с:

- отсутствием нормативных документов, регулирующих нормирование измеряемых величин;
- эффективность работы оборудования УФК в сумеречное или ночное время;
- высокая стоимость оборудования с применением специальных фильтров для ультрафиолетового контроля в дневном спектре.

Наибольшее распространение УФК получил в области контроля ВЛ. Особую актуальность УФК ВЛ имеет при подверженности изоляции ВЛ загрязнениям от выбросов промышленности и в зонах автодорог; сложные погодные условия; наличие выработавшей свой ресурс подвесной изоляции; применение современных полимерных подвесных изоляторов, дефекты которых сложно определить визуально. При обследовании оборудования ПС с помощью УФК рекомендуется обследовать: фарфоровые и полимерные изоляторы разъединителей и выключателей; ограничители перенапряжений, разрядники; фарфоровая внешняя изоляция выключателей, трансформаторов напряжения, трансформаторов тока, конденсаторов связи; подвесные изоляторы; места соединения гибкой и жесткой ошиновки, концевые муфты.

Ультразвуковая и диэлектрическая дефектоскопия

Ультразвуковая дефектоскопия применяется с целью обнаружения элементов оборудования, имеющего внутренние дефекты и трещины. Применение ультразвуковой дефектоскопии, обеспечивает выявление дефектов металлических несущих и токоведущих частей оборудования на ранней стадии их развития.

Современные диагностические приборы позволяют измерять диэлектрические характеристики изоляции и решить сразу несколько задач: выявление отклонений на ранних стадиях; большая чувствительность к увлажнению изоляции; может быть использовано для индивидуальной температурной коррекции tgδ.

Автоматизированный контроль технического состояния силовых трансформаторов

АСМД - система непрерывного (с устанавливаемой периодичностью) измерения, регистрации, преобразования и отображения основных диагностических параметров силового трансформаторного оборудования в нормальных, предаварийных и аварийных режимах с целью их анализа для определения технического состояния.

Технические средства АСМД должны обеспечивать контроль:

- электрических параметров (значение и форма напряжения и тока в рабочем режиме, при перенапряжении и коротких замыканиях);
- тепловое состояние контролируемого объекта, в том числе температуру верхних слоев масла, температуру наиболее нагретой точки обмотки;
- газосодержание масла;
- влагосодержание масла;
- обеспечивать расчет математических моделей по оценке тенденций к изменению технического состояния как по отдельным параметрам, так и в целом контролируемого оборудования.

Построение комплексной АСМД основано на трёхуровневой схеме:

Уровень I включает в себя первичные датчики и измерительные приборы (датчики температуры, газо- и влагосодержания масла и т.д.).

Уровень II - блок мониторинга, обеспечивающий сбор и обработку сигналов, полученных от первичных датчиков уровня I. Блок мониторинга также осуществляет информационный обмен с уровнем III. Допускается аппаратное совмещение уровней I и II.

Уровень III выполняется в виде единого централизованного программно-технического комплекса (ПТК) для всего трансформаторного оборудования ПС и предназначен для математической обработки, решения расчётно-аналитических задач, дистанционного конфигурирования и проверки исправности аппаратуры нижних уровней, выполнения шлюзовых функций, а также связи с автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) и другими информационными системами управления.

Основные цели применения АСМД:

1. Оперативность в принятии решений, исключающих неконтролируемое развитие аварийного дефекта.
2. Снижение человеческого фактора в процессе подготовки объекта к испытаниям, при выполнении испытаний и формировании протоколов испытаний.
3. Контроль характера и локации развития дефекта в оборудовании под рабочим напряжением.
4. Моделирование ресурса и нагрузочной способности электрооборудования, на основе фактически измеренных эксплуатационных параметров.
5. Ведение и накопление архивной диагностической информации, необходимой при рассмотрении и анализе нештатных режимов работы оборудования.
6. Автоматический учет результатов диагностирования в автоматизированных системах планирования затрат по основной и инвестиционной деятельности.
7. Выработка критериев по снижению стоимости владения оборудованием, а также расходов на капитальные вложения за счет постоянного совершенствования требований к контролируемому оборудованию.

Износ электросетевого оборудования ПАО «ФСК ЕЭС» и ПАО «Якутскэнерго»

В составе электросетевого комплекса ЕЭС России ПАО «Россети» числится более 10 700 ЛЭП класса напряжения 110 – 1150 кВ общей протяжённостью более 2,34 млн. км и 502 тыс. подстанций общей трансформаторной мощностью более 781 тыс. МВА.

При этом в составе ЕНЭС числится более 140 тыс. км высоковольтных магистральных ЛЭП и 939 ПС общей установленной трансформаторной мощностью более 347 тыс. МВА.

В составе ОЭС Востока числятся подстанции на классы напряжения 110–500 кВ общей трансформаторной мощностью 38,8 тыс. МВА и линии электропередачи 110–500 кВ общей протяженностью 33 025 км. В свою очередь в составе МЭС Востока числится более 15,8 тыс. км линий электропередачи и 91 подстанция 220-500 кВ суммарной установленной мощностью трансформаторов более 15,2 тыс. МВА.

В целом износ электросетевого комплекса России составляет более 60%, по отдельным регионам он существенно превышает величину в 70%. Ежегодно, даже с учётом ремонтов износ электрических сетей нарастает на 2-3% в год.

Так, для ЕНЭС по состоянию на 2010-й год

- при нормативном сроке эксплуатации подстанций (от 25 лет) выработало свой ресурс 47% ПС, для 17% ПС срок эксплуатации превысил нормативный;
- при нормативном сроке эксплуатации ВЛ (от 35 лет) выработало свой ресурс 39%, для 18% ВЛ срок эксплуатации превысил нормативный

Физический и моральный износ оборудования влечёт за собой риск возникновения технологических нарушений из-за его отказов, риск несчастных случаев, увеличение эксплуатационных затрат. Для сведения указанных факторов к минимуму действует программа реновации основных фондов ПАО «ФСК ЕЭС», которая направлена на обеспечение надёжного и эффективного функционирования электросетевого комплекса за счёт реализации процесса замещения выбывающих основных фондов из-за их морального и физического износа. Также, согласно Положению о технической политике ПАО «Россети», на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» запрещено применять силовые трансформаторы, реакторы и другое оборудование ПС с расчётным сроком службы менее 30 лет,

аккумуляторные батареи со сроком эксплуатации менее 15 лет. Также запрещено использование изоляторов со сроком службы более 20 лет. Серьёзное продление срока службы оборудования на 10 лет и более также достигается за счёт установки систем АСУ ТП и внедрения современных цифровых средств и систем управления.

В электроэнергетический комплекс Республики Саха (Якутия) входят линии электропередачи класса напряжения 220–110 кВ протяженностью 7,8 тыс. км и трансформаторные подстанции суммарной мощностью 3,2 тыс. МВА. Основным собственником объектов электросетевого комплекса на территории Республики является ПАО «Якутскэнерго», по данным которой в Центральном энергорайоне протяжённость ВЛ-220 кВ составляет ~400 км (износ 10%), в Западном энергорайоне протяжённость ВЛ-220 кВ составляет 1149 км (износ 55%). Также электрические сети 220 кВ протяжённостью 1814 км. числятся на балансе АО «ДВЭУК» <http://dveuk.ru> (износу незначителен), 260 км ВЛ-220 кВ числятся на балансе ПАО «Транснефть» (введены в 2017 г.) и 2005 км ВЛ-220 кВ числятся на балансе ПАО «ФСК ЕЭС» (Южный район), срок их эксплуатации не превышает 10 лет.

Информация о фактическом износе трансформаторных мощностей в Центральном энергорайоне отсутствует, в Западном энергорайоне 5 трансформаторов 220 кВ мощностью 999 МВА изношены на 40%. Трансформаторы 220 кВ (10 шт.) мощностью 508 МВА, числящиеся на балансе АО «ДВЭУК» имеют незначительный износ. Трансформаторы 220 кВ (14 шт.) мощностью 702 МВА, числящиеся на балансе ПАО «ФСК ЕЭС» введены в работу в 2011-2014 годах и также имеют незначительный износ.

Опыт применения систем мониторинга оборудования в ПАО «ФСК ЕЭС»

В основу системы диагностирования заложены нормативные документы, регламентирующие объём и нормы диагностических испытаний:

1. РД 34.45-51.300-97 «Объём и нормы испытаний электрооборудования».

2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.

3. РД 34.20.504-94 «Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ».

По данным АО «НТЦ ФСК ЕЭС» для ПАО «ФСК ЕЭС» 5÷6% парка силового оборудования имеет критические дефекты, 15÷20% оборудования имеет дефекты, приводящие к ускоренному старению.

В ПАО «ФСК ЕЭС» эксплуатируется 669 единиц силового оборудования класса напряжения 110 кВ и выше, [включая 383 силовых трансформаторов (автотрансформаторов), 168 шунтирующих реакторов, 27 КРУЭ 110-220 кВ, 91 КЛ 110кВ и выше в изоляции из сшитого полиэтилена] которые оснащены средствами АСМД.

По состоянию на 2018 год эксплуатируется 134 комплексных АСМД, 914 автоматизированных приборов контроля изоляционных характеристик.

Наиболее востребованными данными, получаемыми от систем мониторинга оборудования, являются:

- контроль качества изоляции вводов ВН, СН с регистрацией абсолютных значений тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), ёмкости изоляции (С1) и их изменений;

- регистрация и анализ температурных показателей (обмотки, верхних и нижних слоёв масла, на входе/выходе охладителей);

- регистрация и контроль горючих газов и влагосодержания в трансформаторном масле;

- регистрация и контроль допустимых систематических и аварийных перегрузок;

- регистрация и анализ пусковых токов двигателей привода РПН, маслонасосов и вентиляторов.

Текущими и перспективными задачами развития АСМД в ПАО «ФСК ЕЭС» являются: формирование системы учёта и контроля использования эффективных технических решений мониторинга оборудования, пересмотр нормативных требований по

мониторингу оборудования, формирование условий для применения лучших технологий для автоматизированного мониторинга и диагностирования оборудования.

Сведения о выполнении в ПАО «ФСК ЕЭС» диагностических работ

Для выполнения программы ремонтов и реновации оборудования в Филиале ПАО «ФСК ЕЭС» - МЭС Востока используется 498 единиц автотранспорта и специальной техники. В октябре 2018 г. в ЕНЭС были закончены основные работы по подготовке к ОЗП: текущий ремонт, диагностика и замена силового и коммутационного оборудования на подстанциях, расчистка и расширение просек на линиях электропередачи. Аварийный резерв был укомплектован на 100%, было подготовлено 577 резервных источников снабжения совокупной мощностью 172 МВт. В постоянной готовности находятся 10,5 тыс. специалистов и 6 тыс. единиц спецтехники, в том числе персонал подрядных организаций. По итогам 2017 г. объём технологических нарушений сократился во всех филиалах ПАО «ФСК ЕЭС». Лучшие показатели снижения аварийности зафиксированы на Дальнем Востоке и в Сибири – на 32% и 29% соответственно.

В части выполнения диагностических работ в ПАО «ФСК ЕЭС» были выполнены следующие объёмы:

1. В зоне обслуживания МЭС Северо-Запада в 2018 г. были выполнены более 4,7 тыс. высоковольтных испытаний с применением передвижных электротехнических лабораторий, 2,3 тыс. физико-химических испытаний и ХАРГ трансформаторного масла, электролита и дистиллированной воды для стационарных аккумуляторных батарей. Выполнено 225 тепловизионных обследований оборудования ПС.

2. В зоне обслуживания МЭС Западной Сибири в 2018 г. методом тепловизионной диагностики было обследовано 52 ЛЭП 110-500 кВ общей протяженностью около 4 тыс. км. и обследованы трансформаторы на трёх ПС 500 кВ.

3. В зоне обслуживания МЭС Юга в 2018 г. выполнено более 9 тыс. диагностических исследований ПС, в 2016 году проведено около 7 тыс. диагностических исследований на 82 ПС, выполнена диагностика 4 тыс. км ВЛ.

4. В зоне обслуживания МЭС Востока в 2017 г. была выполнена диагностика ВЛ 220-500 кВ общей протяженностью 2,2 тыс. км, в 2016 г. объём диагностических работ в по 11 ВЛ 220-500 кВ составил 2 тыс. км. и т.д.

В рамках Инвестиционной программы ПАО «ФСК ЕЭС» на 2017 год, для обеспечения нормального функционирования и поддержания в рабочем состоянии ЕНЭС, был предусмотрен объём закупок на сумму до 143 млрд. руб., из которых более 15 млрд. руб. (10,5%) закупок выделено на нужды - МЭС Востока.

Задание

1. Дать характеристику действующему комплексу систем диагностики силовых трансформаторов и ЛЭП, используемому на объектах МЭС Востока. Определить эффективность действующего комплекса системы диагностики силовых трансформаторов и ЛЭП МЭС Востока, выявить его преимущества и недостатки. Определить необходимость использования дополнительных средств и систем диагностики.

2. Разработать и обосновать план-график дооснащения действующего комплекса систем диагностики силовых трансформаторов и линий электропередачи МЭС Востока новыми и/или дополнительными средствами и системами диагностики.

3. Перечислить перспективные направления развития систем диагностики силовых трансформаторов и ВЛ для повышения качества управления парком технологического оборудования МЭС Востока. Привести примеры решения поставленных задач.

4. Оценить влияние применения средств диагностики силовых трансформаторов и ВЛ на энергоэффективность процесса транспорта электрической энергии в электрических сетях МЭС Востока. Указать технологии диагностики и мероприятия по их применению (технические, организационные и др.) для максимального повышения

энергоэффективности процесса передачи и распределения электрической энергии. Привести расчёт величины достигаемой экономии.

Необходимо учитывать следующие ограничения:

1. Объём инвестиций
2. Диагностические работы по обследованию принятого на баланс ПАО «ФСК ЕЭС» оборудования должны быть выполнены в установленные сроки. Годовой бюджет Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» МЭС Востока составляет до 50 млн.руб.

3. Штатная численность работников Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – МЭС Востока не может превышать установленную действующими нормативами численность персонала до принятия на баланс нового оборудования и создания Якутского ПМЭС.

2.7.6. Э2019О «Развитие системы мониторинга переходных режимов ОЭС Востока»

В рамках кейса необходимо предложить и обосновать установку дополнительных регистраторов СМПП на энергообъектах ОЭС Востока. Предложить варианты применения СМПП для решения задач повышения энергоэффективности функционирования ОЭС Востока. В вариантах решения указать технические и организационные мероприятия, которые необходимо реализовать для обеспечения возможности применения СМПП для решения задачи повышения энергоэффективности функционирования энергосистемы

Автоматизированные системы диспетчерского управления

Эффективное управление сложными технологическими объектами, каким является электроэнергетическая система, возможно только с помощью современных информационных технологий. Для решения этой задачи используются автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ), которые позволяют решать задачи оперативно-диспетчерского и диспетчерского технологического управления электроэнергетическими системами. Системы АСДУ в электроэнергетике реализуют все стадии управления: сбор, хранение, передачу информации, её обработку и анализ, помощь диспетчеру в принятии управляющих решений, передачу управляющих команд, ведение электрического режима и т.д.

В состав единой АСДУ ЕЭС входят АСДУ объединённых энергосистем, АСДУ региональных энергосистем, АСДУ электрических станций, АСДУ электросетевых компаний, АСДУ крупных потребителей электроэнергии, АСДУ смежных государств и другие системы АСДУ.

Каждая система АСДУ на своём уровне включает в себя:

- обеспечивающая часть, состоящая из комплекса технических средств (КТС) сбора информации, вычислительного комплекса, средств отображения информации, программного обеспечения.
- функциональная часть, включающая в себя комплекс математического обеспечения решения задач оперативного и автоматического управления электрическими режимами.

В состав КТС АСДУ входят средства диспетчерского и технологического управления: датчики информации, устройства телемеханики, устройства сбора и передачи информации, каналы связи, а также средства обработки и отображения информации. Средствами обработки и отображения информации являются оперативные информационные комплексы (ОИК) диспетчера и вычислительные комплексы: устройства печати, мониторы, диспетчерские щиты, цифровые и аналоговые измерительные приборы.

Основой КТС АСДУ являются компьютеры. Многообразие функций АСДУ предполагает использование большого количества компьютеров, а также суперкомпьютеров для решения задач управления электроэнергетическими системами. ОИК диспетчера работает в режиме реального времени и обеспечивает автоматический ввод и обработку телемеханической и информации, её отображение на дисплеях, табло, мониторах, видеостенах, проведение оперативных расчётов для управления электрическими режимами, автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности и т.д.

Технология СМПП (система мониторинга переходных режимов). Общие сведения

Технология синхронизированных векторных измерений (СВИ), основана на измерении с высокой точностью параметров электрического режима в различных точках энергосистемы с частотой измерения до 1000 раз (измерений) за период промышленной частоты 0,02 секунды (или 50 000 измерений в секунду), с передачей данных с трафиком 50 раз в секунду. Передаваемые в диспетчерский центр измерения синхронизированы по времени с помощью спутниковых навигационных систем с погрешностью, не превышающей секунды. Благодаря созданию и развитию в ЕЭС России таких СВИ, появились более качественные данные о параметрах электрического режима энергосистемы и созданы предпосылки для совершенствования технологических алгоритмов работы систем АСДУ, защиты и управления энергосистемой на современной информационной платформе.

Распространённые в ЕЭС России классические системы телемеханики (ТИ - ОИК, Control и др.), а также система регистрации аварийных событий, осуществляют передачу данных в диспетчерские центры и центры управления сетями от 3 до 10 раз в минуту. Такое качество информации не позволяет определять и учитывать динамические характеристики оборудования и узлов нагрузки в алгоритмах систем мониторинга и управления, что ограничивает возможности их дальнейшего развития, а также делает невозможным реализацию технологических задач, связанных с мониторингом низкочастотных колебаний, мониторингом работы системных регуляторов, мониторингом разделения энергосистемы на отдельные синхронные зоны и т.д.

Массовое внедрение ВИЭ с резкопеременным режимом работы в энергосистему и развитие технологий FACTS приведут к изменению динамических свойств энергосистемы и необходимости совершенствования систем управления в нормальных и аварийных режимах работы энергосистемы с учётом её реальных динамических характеристик. В этих условиях одним из решений станет применение СВИ в качестве входной информации для систем мониторинга и управления.

Преимущество технологии СВИ перед классической ТИ заключается в выполнении непрерывной записи векторов параметров переходных режимов в энергосистеме. Суть отличия и сравнения СМПП с ТИ наглядно показана на примере осциллограммы частоты на интервале времени 50 секунд (рисунок 2.7.6.1).

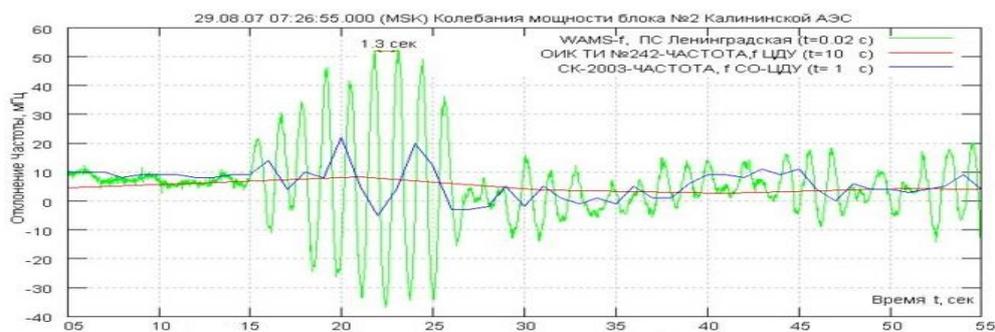


Рисунок 2.7.6.1 – Сравнение СМПП и ТИ

Характеристика объединённой энергосистемы Востока

Объединённая энергетическая система Востока (ОЭС Востока) расположена на территории Дальневосточного федерального округа и четырёх субъектов Российской Федерации: Амурской области, Приморского и Хабаровского краёв, Еврейской автономной области, а также Республики Саха (Якутия). В состав ОЭС Востока входят четыре региональные энергетические системы: Амурская, Приморская, Хабаровская и Якутская. По территориально-технологическим причинам энергосистемы четырёх субъектов Российской Федерации, находящихся в регионе, работают изолированно от ЕЭС России. В их числе: Камчатский край, Сахалинская область, Магаданская область и Чукотский автономный округ. Также на территории Хабаровского края изолированно от ОЭС Востока работает Николаевский энергорайон.

ОЭС Востока связана несинхронно с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи 220 кВ и граничит с энергосистемой Китая.

В структуре генерирующих мощностей преобладают тепловые электростанции, имеющие ограниченный диапазон регулирования. Основные генерирующие источники размещены в западной части ОЭС Востока, а основные районы потребления – на юго-востоке, что обуславливает большую протяженность линий электропередачи. Еще одной особенностью ОЭС Востока является одна из самых высоких в ЕЭС России доля коммунально-бытовой нагрузки в суммарном электропотреблении – около 25%.

Оперативно-диспетчерское управление энергосистемами субъектов Российской Федерации, входящими в состав объединения, осуществляют четыре филиала АО «СО ЕЭС» региональных диспетчерских управления: Амурское, Приморское, Хабаровское и Якутское. При этом в операционную зону Амурского РДУ входят энергосистема Амурской области и

Южно-Якутский энергорайон, охватывающий Алданский и Нерюнгринский районы Республики Саха (Якутия); операционная зона Хабаровского РДУ включает в себя энергетическую систему Хабаровского края и Еврейской автономной области; операционная зона Якутского РДУ охватывает Центральный и Западный энергорайоны Республики Саха (Якутия).

По отчётным данным на 01.01.2019, ОЭС Востока образуют 27 электростанций мощностью 5 МВт и выше суммарной установленной мощностью 11 264,7 МВт, электрические подстанции класса напряжения 110–500 кВ общей трансформаторной мощностью 38,8 млн. кВА и линии электропередачи 110–500 кВ общей протяженностью 33 025 км. Выработка электроэнергии электростанциями ОЭС Востока за 2018 год составила 37 645 млн. кВт·ч (+2,10% по отношению к 2017 году). Потребление электроэнергии в ОЭС Востока в 2018 году составило 34 197 млн. кВт·ч (+2,90% по отношению к 2017 г.).

Характеристика энергосистемы Республики Саха (Якутия)

Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Республики Саха (Якутия)» создан в 2016 году, входит в операционную зону филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока и осуществляет функции диспетчерского управления объектами электроэнергетики на территории Западного и Центрального энергорайонов энергосистемы Республики Саха (Якутия). В операционной зоне Якутского РДУ находятся объекты генерации установленной электрической мощностью 1623,7 МВт. Наиболее крупными из них являются каскад Вилюйских ГЭС, Светлинская ГЭС, Якутская ГРЭС и Якутская ГРЭС Новая. В электроэнергетический комплекс региона входят ЛЭП класса напряжения 110-220 кВ протяженностью 7821 км, трансформаторные подстанции суммарной мощностью трансформаторов 3232 МВА. Площадь территории операционной зоны составляет 1026 тыс. км², население - 743 тыс. чел.

По итогам технологического функционирования в 2018 году суммарная установленная мощность электростанций энергосистемы Республики Саха (Якутия) составила 2506,7 МВт, годовой объём потребления электроэнергии – более 6,5 млрд. кВт·ч, максимум потребления мощности оценивается на уровне до 600 МВт.

02 января 2019 г. Западный и Центральный энергорайоны энергосистемы Якутии вошли в состав ЕЭС России с включением на параллельную работу с ОЭС Востока. Синхронизация предусматривает их синхронную работу на единой частоте электрического тока, что означает принятие функций АО «СО ЕЭС» по управлению энергообъектами в новой части ЕЭС России, а также распространение на присоединённые энергорайоны энергосистемы Якутии принятых в ЕЭС России единых принципов диспетчерского технологического управления и единой технической политики АО «СО ЕЭС».

Характеристика СМПП ЕЭС России

Для систем СМПП в ЕЭС России введены специальные требования к оснащению объектов электроэнергетики автономными устройствами СВИ и ПТК СМПП. В соответствии с этими требованиями ПТК СМПП должны быть установлены на:

1. Электростанциях установленной мощностью 500 МВт и более, а также на электростанциях и подстанциях, имеющих РУ высшего класса напряжения 330 кВ и выше, при этом УСВИ должны быть установлены на следующих присоединениях:

- ЛЭП 330 кВ и выше;
- ЛЭП, контролируемых сечений ЕЭС России напряжением 220 кВ и выше;
- Межгосударственные ЛЭП 220 кВ и выше;
- Автотрансформаторы, входящие в контролируемое сечение;
- Турбогенераторы АЭС и ТЭС мощностью 200 МВт и более;
- Гидрогенераторы ГЭС и ГАЭС мощностью 100 МВт и более;
- Генераторы единичной мощностью 60 МВт и более, входящие в состав ПГУ.

2. На объектах электроэнергетики, имеющих РУ высшего класса напряжения 220 кВ, при этом УСВИ должны быть установлены на следующих присоединениях:

- ЛЭП, входящие в контролируемые сечения ЕЭС России напряжением 220 кВ;

- Межгосударственные ЛЭП 220 кВ.

Необходимость установки ПТК СМПР на других объектах электроэнергетики, может быть предусмотрена проектной документацией на строительство, реконструкцию, модернизацию объекта электроэнергетики в целях обеспечения соблюдения установленных параметров надёжности функционирования ЕЭС России. Если на объекте электроэнергетики в соответствии с указанными критериями требуется установка УСВИ не более чем на двух присоединениях, то допускается установка автономных УСВИ.

По состоянию на 31.12.2018 в ЕЭС России устройства и комплексы СМПР установлены:

- 1) В диспетчерских центрах АО «СО ЕЭС»:
 - региональные концентраторы синхронизированных векторных данных (КСВД) - в трёх РДУ и семи ОДУ;
 - главный КСВД - в Центральном диспетчерском управлении.
 - 2) На 62 электростанциях установлены ПТК СМПР, включающие: 592 УСВИ и 42 КСВД.
 - 3) На 42 подстанциях установлены ПТК СМПР, включающие 148 УСВИ и 29 КСВД
- Информация о СМПР на 31.12.2018 в ЕЭС России представлена в таблице 2.7.6.1.

Таблица 2.7.6.1

СМПР на территории РФ

ОЭС	ПТК СМПР	УСВИ	КСВД
ОЭС Северо-Запада	10	81	3
ОЭС Центра	16	121	9
ОЭС Юга	14	137	10
ОЭС Средней Волги	10	43	7
ОЭС Урала	36	232	27
ОЭС Сибири	13	95	9
ОЭС Востока	2	6	2
ИТОГО	101	715	67

Согласно «Концепции развития и применения технологии СМПР в ЕЭС России», в перспективе до 2020 года планируется ввести в эксплуатацию ПТК СМПР на 200 объектах ЕЭС России, количество УСВИ превысит 1000 устройств.

Технические требования к УСВИ программно-технического комплекса СМПР

Общие требования: УСВИ предназначены для выполнения измерений с нормированной точностью синхронизированных векторов фазных токов и напряжений, частоты, скорости изменения частоты и передача измеренных параметров в КСВД. УСВИ является измерительным элементом ПТК СМПР объекта энергетики или автономным устройством.

УСВИ в составе вектора СВИ должен измерять:

- Синхронизированные векторы фазных напряжений, где модулем является действующее значение основной гармоники фазного напряжения (U_a, U_b, U_c), а фазовым углом соответствующий абсолютный угол напряжения ($\delta U_a, \delta U_b, \delta U_c$);
- Синхронизированные векторы фазных токов, где модулем является действующее значение основной гармоники фазного тока (I_a, I_b, I_c), а фазовым углом соответствующий абсолютный угол тока ($\delta I_a, \delta I_b, \delta I_c$);
- Частота пофазно и прямой последовательности (f_a, f_b, f_c, f_{U1});
- Скорость изменения частоты ($df_a/dt, df_b/dt, df_c/dt$).

При необходимости измерения параметров системы возбуждения генераторов в УСВИ или в отдельном выносном модуле, подключаемом к УСВИ или поддерживающем передачу данных СВИ по стандарту международного протокола, должно быть реализовано выполнение измерений на интервале времени, равном периоду промышленной частоты, измерений: напряжение возбуждения (напряжения ротора) генератора (U_f); ток возбуждения (тока

ротора) генератора (I_f); напряжение возбуждения возбудителя (U_{ff}); ток возбуждения возбудителя (I_{ff}).

СВИ применяются в АО «СО ЕЭС» для расследования причин аварий и технологических нарушений в работе ЭЭС, верификации расчётных моделей, расчётов динамических свойств ЭЭС, проверки корректности работы системных регуляторов, мониторинга НЧК и т.д. Кроме того, СВИ используются в системе мониторинга запаса устойчивости (СМЗУ) для расчёта максимально допустимых перетоков и выделения опасных сечений энергосистемы.

Каждая из указанных задач предъявляет к входным данным от СМПР особые требования в зависимости от её специфики. Для выполнения верификации необходимы 20-минутные архивы данных с максимальной дискретностью $20 \cdot 10^{-3}$ сек. Оперативность сбора данных не критична и может превышать неделю после события. Для расследования нарушений необходимы архивы, сбор которых нужно произвести за нескольких дней.

Но для ряда задач оперативность доставки данных является критичной. Комплексы СМЗУ и мониторинг НЧК требуют данные в режиме on-line с минимальными задержками. Для СМЗУ дискретность информации не должна превышать 1 сек, а для идентификации НЧК дискретность – до $20 \cdot 10^{-3}$ сек. Различные прикладные задачи требуют различного объёма данных. Так, для СМЗУ достаточно активной и реактивной мощности, амплитуды и угла напряжения прямой последовательности. Для расследования технологических нарушений нужно иметь фазные вектора токов и напряжений. Оптимальным решением является сбор СВИ от всех регистраторов в режиме on-line с максимальной дискретностью и их хранение на серверах АО «СО ЕЭС». Однако данный подход трудно реализуем прежде всего из-за недостатка широкополосных каналов от энергообъектов до филиалов АО «СО ЕЭС» и большого объёма информации СВИ для хранения.

Анализ режимов работы ЭЭС России по данным СМПР

Увеличение количества введённых в эксплуатацию ПТК СМПР на объектах ЭЭС России позволило значительно повысить наблюдаемость и качество анализа технологических нарушений энергосистеме и оценку правильности работы устройств релейной защиты и автоматики, а также выявить ряд нарушений эксплуатационного состояния оборудования:

- анализ работы системы АРВ генератора,
- выделение энергосистемы на изолированную работу,
- результаты анализа низкочастотных колебаний в ОЭС Востока.

Низкочастотные колебания в энергосистеме

Применение современных технологий цифровой обработки сигналов к данным СВИ параметров электроэнергетического режима позволяет выявить уникальную информацию о поведении энергосистемы, в частности, идентифицировать и дать количественную оценку электромеханическим колебаниям.

Мониторинг низкочастотных колебаний является распространённой практикой в крупных ЭЭС и осуществляется на постоянной основе, поскольку одним из наиболее негативных последствий развития слабо демпфированных НЧК является нарушение колебательной устойчивости энергосистемы, приводящее к системной аварии.

Задача анализа НЧК охватывает целый комплекс задач, начиная с идентификации НЧК, мониторинга колебательной устойчивости ЭЭС, верификации цифровых моделей энергосистем на основе модальных характеристик и заканчивая адаптивным управлением режимом энергосистемы в целях повышения демпферных свойств через настройку параметров регулирования АРВ синхронных генераторов электростанций, векторное регулирование напряжения и тока и др.

АО «СО ЕЭС» ведёт разработки по реализации автоматического мониторинга НЧК в режиме реального времени для своевременной идентификации наиболее опасных зон колебаний, предоставления исчерпывающей информации о текущих параметрах НЧК в удобной визуальной форме и проведения статистического анализа изменения модальных

свойств ЕЭС России. Идентификация НЧК выполняется на основе мониторинга нормальных режимов ЕЭС России.

Основной принцип автоматического мониторинга НЧК состоит в непрерывном мониторинге спектральных свойств параметров электроэнергетического режима (ПЭР) как в нормальных, так и аварийных режимах работы энергосистемы. Источником данных для системы автоматического мониторинга НЧК является автоматическая система сбора информации СМПР, обеспечивающая сбор синхронизированных векторных измерений с уровня объектов электроэнергетики и их доставку в диспетчерские центры с низким уровнем задержки и необходимым качеством.

НЧК делятся на три типа:

- колебания параметров нормального режима энергосистемы,
- вынужденные колебания ПЭР с конкретным источником,
- колебания, вызванные аварийными небалансами мощности или изменениями топологии сети.

Полноценного анализа вынужденных колебаний в ЕЭС России не проводилось ввиду новизны данной тематики, требующей фундаментальных исследований и разработки программного инструментария для качественной идентификации, определения характеристик и возможных источников НЧК. Несмотря на данный факт, НЧК уже как ранее, так и сейчас представляют серьезную опасность для колебательной устойчивости энергосистемы.

Впервые работа по определению модального состава НЧК в ЕЭС России на основе анализа суточных данных ПЭР проведена в 2013 году. Важным практическим результатом является обнаружение НЧК на крупных транзитах мощности с амплитудами, достигающими десятки МВт. Дальнейшее изучение предполагает расчёт параметров НЧК отдельных энергоблоков электростанций с целью более точного определения инициатора колебаний и перечня АРВ генераторов, требующих отдельной настройки.

Перспективы развития технологий СМПР

Развитие технологий СМПР в России ограничивают следующие факторы: недостаточная развитость нормативно-технической базы; недостаточная пропускная способность каналов передачи данных; позиция собственников объектов электроэнергетики. Нейтрализация влияния указанных факторов приведёт к значительному расширению применения технологии СВИ для решения как задач управления электроэнергетическим режимом, так и задач мониторинга состояния сетевого и генерирующего оборудования.

Развитие энергетики направлено в сторону внедрения систем распределенной генерации, солнечной и ветровой генерации, элементов силовой электроники FACTS и т.д., что требует адаптации существующих систем управления электроэнергетическим режимом. А для этого нужна информация нового качества - СВИ. Качество данных имеет решающее значение для развития функциональности и совершенствования современных технических комплексов управления, позволяет улучшить понимание процессов, протекающих в энергосистеме, оценить эффективность алгоритмов функционирования систем управления оборудованием, систем РЗА. На базе существующих телеизмерений невозможно вычислить динамические характеристики энергосистемы, обеспечить мониторинг относительных углов, идентифицировать параметры низкочастотных колебаний и т.д., поэтому развитие технологии СВИ и разработка соответствующего ПО является одной из приоритетных целей как для задач мониторинга, так и для задач управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России.

Таким же актуальным вопросом является внедрение противоаварийной и режимной автоматики с использованием данных СВИ. Можно с уверенностью утверждать, что системы противоаварийной (ПА) и режимной автоматики (РА) с применением данных СВИ будут введены в эксплуатацию в ближайшей перспективе.

Перспективными областями применения СВИ являются:

1. Развитие существующей системы мониторинга переходных режимов (СМПР), интеграция СМПР с АСУ ТП и АСДУ;

2. Применение интеллектуального электронного устройства с поддержкой СВИ в АСУ ТП и АСДУ;

3. Массовое применение УСВИ в устройствах РЗА, в локальных и распределённых системах ПА и РА.

Развитие СМПР будет связано, прежде всего, с выявлением опасных режимов работы энергосистемы в реальном времени. Другой перспективной областью применения УСВИ являются системы АСУ ТП. УСВИ следует рассматривать как логическое развитие многофункциональных измерительных преобразователей телемеханики. Основные преимущества СВИ связаны с возможностью расчёта параметров режима энергосистемы по основной гармонике на любом уровне управления, в том числе тока, напряжения, мощности, параметров режима по симметричным составляющим и т.д. На основе 6 синхронизированных векторов тока и напряжения для каждого присоединения может быть рассчитано около сотни параметров по основной гармонике. На основе измерений синхронизированных векторов тока и напряжения, полученных с различных присоединений сети, могут быть рассчитаны и параметры самой энергосистемы.

В России сфера применения СВИ будет расширяться. В первую очередь их начнут использовать для мониторинга и диагностики оборудования. Вторая тенденция – миниатюризация и удешевление УСВИ и внедрение технологии в распределительные сети. Возможно использование СВИ в задачах по обнаружению мест повреждений в кабельных линиях.

Задание

1. Дать характеристику действующей СМПР ЕЭС России.
2. Обозначить основные направления развития СМПР ОЭС Востока. Сформировать современные требования к регистраторам СМПР и к системе АСДУ на их основе.
3. В связи с подключением на параллельную работу Западного и Центрального энергорайонов энергосистемы Республики Саха (Якутия) предложить и обосновать установку дополнительных регистраторов СМПР на энергообъектах ОЭС Востока.
4. Сформировать и обосновать план-график установки новых регистраторов СМПР в ОЭС Востока на период до 2025 г. с учётом энергосистемы республики Саха (Якутия).
5. Указать направления использования СМПР для повышения качества управления электрическими режимами ОЭС Востока. Привести примеры решения.
6. Предложить варианты применения СМПР для решения задач повышения энергоэффективности функционирования ОЭС Востока. В вариантах решения указать технические и организационные мероприятия, которые необходимо реализовать для обеспечения возможности применения СМПР для решения задачи повышения энергоэффективности функционирования энергосистемы. Привести расчёт величины экономического эффекта.

Необходимо учитывать следующие ограничения:

Ограничения:

1. Объём инвестиций, выделенный на развитие СМПР, ограничен Программой инновационного развития АО «СО ЕЭС» на 2017-2021 годы и на перспективу до 2025 года
2. Реализации развития СМПР в ЕЭС России должна быть выполнена в сроки, обозначенные Схемой и программой развития ЕЭС России и Концепцией развития и применения технологии синхронизированных векторных измерений для повышения качества и надёжности управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России на период до 2020 года.

3 КРОССПЛАТФОРМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК И МСК ПО КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ³

3.1 РЭН2018 АР «Новое интеграционное будущее Российской Арктики» Стратегические ориентиры российского освоения Арктики

Стратегические задачи Российской Федерации по развитию арктических территорий представлены в нескольких программных документах:

«Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» определяют потенциал Арктики как основной стратегической ресурсной базы России, что требует обеспечения защиты национальных интересов на континентальном шельфе, а также устойчивого социально-экономического развития территорий, с учетом интересов коренных народов Севера и требований экологической безопасности.

Во исполнение государственной политики разработана «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», которая определяет основные механизмы, способы и средства достижения стратегических целей и приоритетов устойчивого развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности.

Прежде всего, речь идет о консолидации ресурсов и усилий всех заинтересованных сторон: федеральных органов государственной власти, органов власти субъектов Федерации, территории которых полностью или частично входят в состав Арктической зоны, органов местного самоуправления и организаций.

Приоритетные направления развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности: комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны России; развитие науки и технологий; создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры; обеспечение экологической безопасности; международное сотрудничество в Арктике; обеспечение военной безопасности, защиты и охраны государственной границы Российской Федерации в Арктике.

Основным механизмом реализации Стратегии является Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации». На реализацию программы выделено 190 млрд руб. Кроме того, на заседании Правительства Дмитрий Медведев особо подчеркнул необходимость «активнее привлекать к этой работе предпринимательский мир, по максимуму использовать принцип государственно-частного партнёрства».

Выделены три основных вектора социально-экономического развития региона в 2015-2025 гг.:

- формирование и развитие опорных зон, как точек экономического роста;
- развитие инфраструктуры, в частности, Северного морского пути;
- освоение континентального шельфа с помощью современного оборудования и технологий.

Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

Объем ассигнований за счет средств федерального бюджета составляет 190451982,3 тыс. рублей в т. ч.:

- на **2018 год** - 791900 тыс. рублей
- на **2019 год** - 22818657,2 тыс.рублей
- на **2020 год** - 22656757,2 тыс. рублей

³ Кейсы в настоящем сборнике публикуются в сокращенном варианте с целью их использования в различных форматах на учебных занятиях. Для получения кейса оригинального содержания необходимо отправить запрос в Оргкомитет Международного инженерного чемпионата «CASE-IN» по адресу case-in@fondsmena.ru. При отсутствии ограничений на использование кейса со стороны авторов, компании-заказчика, кейс может быть предоставлен по вашему запросу в оригинальном содержании

- на **2021** год - 25756503,7 тыс. рублей
- на **2022** год - 27816369,8 тыс. рублей
- на **2023** год - 35102180 тыс. Рублей
- на **2024** год - 29706757,2 тыс. рублей
- на **2025** год - 25802857,2 тыс. рублей

Подпрограмма 1

«Формирование опорных зон развития и обеспечение их функционирования, создание условий для ускоренного социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации»

Объем финансирования подпрограммы за счет средств федерального бюджета составляет 131281950,4 тыс. рублей:

- на **2018** год - 522800 тыс. рублей
- на **2019** год - 21618657,2 тыс. рублей
- на **2020** год - 19586857,2 тыс. рублей
- на **2021** год - 18061757,2 тыс. рублей
- на **2022** год - 17727107,2 тыс. рублей
- на **2023** год - 17610257,2 тыс. рублей
- на **2024** год - 17401657,2 тыс. рублей
- на **2025** год - 18752857,2 тыс. рублей

Подпрограмма 2

«Развитие Северного морского пути и обеспечение судоходства в Арктике»

Объем финансирования подпрограммы за счет средств федерального бюджета составляет 35423031,9 тыс. рублей, в т.ч.:

- на **2018** год - 269100 тыс. рублей
- на **2019** год - 1200000 тыс. рублей
- на **2020** год - 3069900 тыс. рублей
- на **2021** год - 7544746,5 тыс. рублей
- на **2022** год- 10014262,6 тыс. рублей
- на **2023** год - 8354922,8 тыс. рублей
- на **2024** год - 3000100 тыс. рублей
- на **2025** год - 1970000 тыс. рублей

Подпрограмма 3

«Создание оборудования и технологий нефтегазового и промышленного машиностроения, необходимых для освоения минерально-сырьевых ресурсов Арктической зоны Российской Федерации»

Объем финансирования подпрограммы за счет средств федерального бюджета составляет 23747000 тыс. рублей, в т.ч.:

- на **2021** год - 150000 тыс. рублей
- на **2022** год - 75000 тыс. рублей
- на **2023** год - 9137000 тыс. рублей
- на **2024** год - 9305000 тыс. рублей
- на **2025** год - 5080000 тыс. рублей

Опорные зоны российской Арктики

1 - Кольская опорная зона. Преимуществами данной опорной зоны выступает выгодное географическое положение, незамерзающие круглогодичные порты, наличие запасов полезных ископаемых (в том числе крупнейшие морские месторождения углеводородов, включая *Приразломное нефтяное* и *Штокмановское газоконденсатное месторождения*), а также относительно развитая транспортная, энергетическая, промышленная, научная и образовательная инфраструктура.

2 - Архангельская опорная зона. Характеризуется выгодным географическим положением, связанным с развитой транспортной и энергетической инфраструктурой, а

также опытом реализации оффшорных проектов. Приоритетными мероприятиями при реализации проектов зоны являются те, что направлены на обеспечение функционирования эффективного транспортного коридора для освоения Арктики и развитие Северного морского пути. Основными отраслями, способствующими развитию экономики региона в период до 2030 года, станут транспорт и логистика, судостроение, машиностроение, лесопромышленный комплекс и туризм.

3 - Ненецкая опорная зона. Значительный ресурсный потенциал и выгодное географическое положение Ненецкого автономного округа определяет приоритетность проектов развития экономики, инфраструктуры, связанной с добычей и транспортировкой углеводородов: строительство новых транспортных магистралей и эффективное развитие портовой инфраструктуры, освоение ресурсов арктического шельфа и его побережья, а также продуктовая диверсификация нефтегазового комплекса.

4 - Воркутинская опорная зона. Включает в себя муниципальное образование городского округа «Воркута» Республики Коми - моногород и крупнейший центр добычи угля Печорского угольного бассейна. «Воркута» не имеет прямого выхода к Северному морскому пути, однако выступает как один из стратегически выгодных, опорных транспортно-логистических и промышленных узлов, обеспечивая логистику воркутинской угольной продукции, доставку промышленных грузов и полезных ископаемых в соседние регионы. Социально-экономическое развитие региона предполагает диверсификацию промышленного производства, модернизацию и развитие транспортно-логистической инфраструктуры, развитие информационно-телекоммуникационных технологий, а также создание условий для формирования комплексной системы обеспечения жизнедеятельности населения.

5 - Ямало-Ненецкая опорная зона. Развитие опорной зоны определяется постепенным снижением добычи углеводородов на континентальной части региона вследствие истощения традиционных нефтяных и газовых месторождений и необходимостью опережающего освоения минерально-сырьевой базы полуостровов *Ямал* и *Гыдан*, *Обской* и *Тазовской губы*, а также шельфовых районов Карского моря. Формирование на данной базе нефтегазохимического кластера, а также комплексное освоение указанных территорий с созданием соответствующей транспортной инфраструктуры является одним из наиболее перспективных направлений развития энергетической отрасли России.

6 - Таймыро-Туруханская опорная зона. Планируется на территории Красноярского края (Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района и городского округа города Норильска) имеет ресурсодобывающую и промышленную направленность. Учитывая геологические предпосылки, географическое положение и инфраструктуру Таймырского района развитие опорной зоны предполагается на базе 4 новых добывающих центров (на начальном этапе - *Диксонского центра угледобычи* и *Усть-Енисейского центра нефтегазодобычи*, а в перспективе - *Хатангского* и *Авамского центров нефтегазодобычи*) и металлургического центра Норильского промышленного района. Проекты по освоению полезных ископаемых могут оказать существенное влияние и на увеличение грузопотока по трассам Северного морского пути.

7- Северо-Якутская опорная зона. Ключевым направлением наряду с развитием нефтегазодобычи, электроэнергетики (в части развития генерирующих мощностей и интегрирующих сетей электропередачи), угольной промышленности, минерально-сырьевого комплекса, перерабатывающих нефтегазо- и углехимических производств определено развитие транспортного комплекса. Внутренний водный транспорт является безальтернативным для грузовых перевозок на арктических и северных территориях Республики Саха (Якутия). В связи с этим в качестве основы комплексного развития территории Северо-Якутской опорной зоны определена транспортная инфраструктура на основе единой системы Северного морского пути и внутренних водных путей судоходных рек Ленского бассейна.

8 - Чукотская опорная зона. Чукотский автономный округ характеризуется неблагоприятными климатическими и географическими факторами, но располагает богатой сырьевой базой, отлаженной системой управления и снабжения, научно-техническим потенциалом и инвестиционной привлекательностью. Чукотская опорная зона определяется как контактная зона, обеспечивающая внешнеэкономическое, культурное и другие виды межгосударственного сотрудничества. В качестве структурообразующего элемента ее формирования выступает создание транспортной инфраструктуры на основе единой системы Северного морского пути, воздушного сообщения и автомобильных дорог, которые участвуют в транспортировке грузов. Программными документами предусмотрена модернизация энергетической инфраструктуры, включающая строительство новых и реконструкцию существующих линий электропередачи и подстанций в наиболее перспективных зонах освоения минерально-сырьевых ресурсов Чукотского автономного округа.

По итогам реализации основного мероприятия «**Обеспечение формирования и функционирования опорных зон развития Арктической зоны Российской Федерации**» планируется дополнить Программу следующими **показателями**:

- объем инвестиций в основной капитал в рамках субъекта Российской Федерации, на территории которого сформирована опорная зона развития Арктической зоны Российской Федерации
- обеспеченность территорий, на которых создаются и функционируют опорные зоны развития Арктической зоны Российской Федерации, инфраструктурой, необходимой для их функционирования
- темп прироста объема товаров и услуг, произведенных на территории субъекта Арктической зоны Российской Федерации, в общем объеме товаров и услуг, произведенных в Арктической зоне Российской Федерации.

В качестве пилотных опорных зон определены **Архангельская, Северо-Якутская и Кольская** опорная зона.

Задание

1. Выберите среди восьми опорных зон наиболее перспективную для реализации стратегического партнерства российских компаний, оперирующих в Арктике, в ближайшие 7 лет. Обоснуйте свой выбор.

2. Определите участников стратегического альянса – основных операторов арктических проектов в выбранной опорной зоне. Выбор операторов арктических проектов должен базироваться на возможности взаимовыгодного сотрудничества, совершенствования бизнес-модели, производственных, технологических.

3. Сформируйте проектное предложение (Проект) в части развития производственно-технологического, социального, экологического потенциала опорной зоны, опираясь на принципы устойчивого и интеллектуального развития территорий российской Арктики в ближайшей стратегической перспективе на 7 лет. Проект может быть связан с разработкой месторождения, строительством и эксплуатацией объектов электроэнергетики, возведением инфраструктурных или социальных объектов.

4. Предложите перечень инновационных мероприятий по развитию избранной опорной зоны в российской Арктике. Расставьте инновационные мероприятия в порядке приоритета.

5. Предложите возможные варианты финансирования данных мероприятий, с участием государства, привлечением крупных компаний и частного бизнеса.

Элементы инфраструктурного ландшафта зоны

Кольская опорная зона	Архангельская опорная зона	Ненецкая опорная зона	Воркутинская опорная зона
<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Порт <i>Мурманск</i> (мощность 41,2 млн. тонн в год, способность принимать суда дедевейтом до 300 тыс. тонн в режиме круглогодичной навигации) ❖ Порт <i>Кандалакша</i> ❖ Порт <i>Витино</i> <p>Суда российских судоходных и рыболовецких компаний, аварийно-спасательного флота</p> <p>База уникального атомного ледокольного флота России</p> <p><i>Автомобильное сообщение:</i></p> <p>Сеть автомобильных дорог (3,7 тыс. км)</p> <p><i>Ж/д сообщение:</i></p> <p>Сеть железных дорог (870 км)</p> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Аэропорт в г. <i>Мурманске</i> ❖ Аэропорт в г. <i>Апатиты</i> ❖ Посадочные площадки местных воздушных линий 	<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Порт г. <i>Архангельск</i> ❖ Портовый комплекс в бухте <i>Безымянная*</i> <p>Город <i>Архангельск</i> - крупный транспортный узел, включающий в себя железнодорожное, авиационное, транспортное, а также морское и речное сообщение</p> <p><i>Автомобильное сообщение:</i></p> <p>Автомобильная дорога общего пользования федерального значения М-8 «Холмогоры».</p> <p><i>Ж/д сообщение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Архангельск</i> - <i>Обозерская</i> - <i>Мурманская</i> магистраль, <i>Архангельск</i> - <i>Ярославль – Москва</i> и <i>Архангельск</i> - <i>Коноша – Котлас</i> 	<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Модернизируемый порт поселка <i>Амдерма*</i> ❖ Строящийся порт-хаб <i>Индига*</i> (глубоководный, незамерзающий) для выхода на маршруты СМП <p>Строительство Северного широтного хода (707 км)*, провозной способностью более 20 млн. тонн грузов в год, обеспечивающей связь Северной и Свердловской железных дорог и выход к Севморпути</p> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Восстанавливаемый аэродром в пос. <i>Андерма*</i> 	<p>Муниципальное образование городского округа «<i>Воркута</i>» - один из стратегически выгодных, опорных транспортно-логистических и промышленных узлов с точки зрения развития транспортно-логистической инфраструктуры для освоения и социально-экономического развития Арктики</p> <p><i>Сеть железных дорог:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Магистраль <i>Москва - Котлас - Воркута</i> с ветками в северном и восточном направлении ❖ Планируемые к вводу в эксплуатацию 1161 километров железнодорожных линий (из которых новыми являются - 712 километров дороги), включая участок <i>Воркута – Усть-Кара*</i> <p><i>Автомобильное сообщение:</i></p> <p>Планируется увеличение протяженности автомобильных дорог на 450 км*</p> <p><i>Примечание.</i> Автомобильное сообщение между г. <i>Воркутой</i> и другими городами России отсутствует.</p> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Реконструкция аэропортового комплекса <i>Воркута*</i>

Ямало-Ненецкая опорная зона	Таймыро-Туруханская опорная зона	Северо-Якутская опорная зона (значительная удаленность и слабо развитая инфраструктура)	Чукотская опорная зона (пределная транспортная труднодоступность)
<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Инфраструктура порта Сабетта*</i> (круглогодичная навигация судов-газовозов и их проход по Северному морскому пути) ❖ <i>нефтеналивной терминал «Ворота Арктики», пос. Мыс Каменный, п-ов Ямал</i> (мощность до 8,5 млн тонн нефти, круглогодичная транспортировка сырья танкерами при поддержке атомных ледоколов в Мурманск и далее в Европу) <p><i>Ж/д сообщение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Строительство участка «Бованенково – Сабетта» * (170 км), в рамках Северного Широтного хода - только для промышленных перевозок нефтегазовых компаний.</i> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Аэропорт в пос. Сабетта (международный)</i> 	<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Порт Дудинка</i> (годовой грузооборот до 4 млн тонн, круглогодичная навигация за исключением паводкового периода) ❖ <i>Порт Диксон, Таймыр</i> (круглогодичная навигация, по факту 70% износа основных портовых сооружений и техники порта планируется модернизация и строительство в порту новых угольных терминалов грузооборотом до 30 млн тонн в год («Чайка», «Бухта Север»)* и нефтяного терминала «Таналау»*) <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Аэропорт в пос. Диксон</i> 	<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Порт Тикси</i> (пропускная способность 67 тыс. тонн в год, требуется модернизация портовой инфраструктуры*) ❖ <i>Строительство высокотехнологичной Жатайская судоверфи, строительство речных судов различных типов и назначений, строительство судов класса «река – море»*</i> <p><i>Примечание. Внутренний водный транспорт является базальтернативным для грузовых перевозок.</i></p> <p><i>Ж/д сообщение:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Полный ввод в эксплуатацию железной дороги Беркакит - Томмот - Нижний Бестях*.</i> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Реконструкция аэропортов регионального и местного значения - Черский, Чокурдах, Тикси, Депутатский *</i> 	<p><i>Морские порты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Порт Эгвекинот</i> ❖ <i>Порт Анадырь</i> ❖ <i>Порт Провидения</i> ❖ <i>Порт Беринговский, Берингово море</i> ❖ <i>Порт Певек, Восточно-Сибирское море</i> (ограниченный навигационный период) <p><i>Примечание. Морские порты округа не имеют собственного среднего и крупного каботажного флота.</i></p> <p><i>Автомобильное сообщение:</i></p> <p><i>Начато строительство федеральной автомобильной дороги «Колыма - Омсукчан - Омолон – Анадырь».</i></p> <p><i>Примечание. Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием на 1 тыс. кв. км территории составляет всего 1 км.</i></p> <p><i>Аэропорты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Реконструкция аэропортов регионального и местного значения - Залив Креста, Кепервеем и Беринговский*</i>

Природно-ресурсный потенциал зоны

Кольская опорная зона	Архангельская опорная зона	Ненецкая опорная зона	Воркутинская опорная зона
<p><i>Минерально-сырьевые ресурсы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 60 крупных месторождений различных видов минерального сырья (30 видов полезных ископаемых) <p><i>Запасы углеводородов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Морские месторождения углеводородов <p><i>Энергетический потенциал:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Энергоизбыточный регион (в Мурманской области неостребованные объемы электрической мощности превышают 300 МВт) ❖ Возможность получения электроэнергии из возобновляемых источников, в том числе за счет энергии ветра, приливов и отливов, океанической биомассы <p><i>Природоохранные зоны и заповедники:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 3 природных заповедника <p>Рыболовство (16% общероссийского отлова рыбы)</p>	<p><i>Минерально-сырьевые ресурсы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Минерально-сырьевые базы федерального значения. 18% российских запасов бокситов, 20% - алмазов. ❖ Свинцово-цинковое серебрясодержащее месторождение Павловское (о. Южный архипелага Новая Земля) (запасы составляют 2,49 млн. тонн цинка, 549 тыс. тонн свинца и 1195 тонн серебра) 	<p><i>Запасы углеводородов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Значительные запасы углеводородов (в нераспределенном фонде недр числится 11 месторождений углеводородного сырья, в том числе 8 нефтяных, 2 нефтегазоконденсатных и 1 газовое, с суммарными запасами нефти 54,1 млн. тонн, свободного газа 228,6 млрд. куб. метров, конденсата 11 млн. тонн. ❖ Приразломное нефтяное месторождение. <p><i>Природоохранные зоны и заповедники:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 1 заповедник - Ненецкий ❖ 5 заказников 	<p><i>Минерально-сырьевые ресурсы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Широкий комплекс месторождений и проявлений металлических и неметаллических полезных ископаемых (золото, серебро, медь, свинец, цинк, а также кварц-каолиновое сырье) <p><i>Запасы углеводородов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Значительные запасы углеводородов (новые месторождения Печорского угольного бассейна и Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции) ❖ Воркутинский геолого-промышленный район располагает самыми большими в Европе запасами угля (порядка 4 млрд. тонн) и обладает высоким промышленным потенциалом <p><i>Примечание:</i> Ученые рекомендуют создать экологический каркас Заполярья из особо охраняемых природных территорий (ООПТ): организация пяти комплексных заказников.</p>

Ямало-Ненецкая опорная зона	Таймыро-Туруханская опорная зона	Северо-Якутская опорная зона	Чукотская опорная зона
<p>Минерально-сырьевые ресурсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ В промышленных объёмах запасы: золота, свинца, уникальных сортов мрамора, фосфатов, баритов, известняков ❖ Обнаружены проявления цветных и редких металлов: бокситов, меди, хромитовых медно-цинковых руд, а также железной руды <p>Запасы углеводородов:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ежегодно на территории ЯНАО добывается более 80% российского газа, или одна пятая часть его мирового производства ❖ В российском объеме извлечения нефти и газового конденсата доля ЯНАО составляет около 8%, разведанные извлекаемые запасы составляют 14% всех запасов нефти России <p>Природоохранные зоны и заповедники:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Площадь особо охраняемых природных территорий составляет 7% общей площади ЯНАО: 2 заповедника, 11 заказников и 1 этнографическая территория 	<p>Минерально-сырьевые ресурсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Уникальные комплексные никелевые и медные руды с высоким содержанием металлов платиновой группы и кобальта (Норильский промышленный район) ❖ Производство более 90% российских объемов никеля, более 40% меди и 98% металлов платиновой группы <p>Запасы углеводородов:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ По месторождениям углеводородов пользование недрами осуществляют 15 компаний по 35 лицензиям на 42 участках недр ❖ В перспективе создание трех новых центров нефтегазодобычи - Усть-Енисейского, Хатангского и Авамского* 	<p>Минерально-сырьевые ресурсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Крупные месторождения золота (до 20% запасов золота РФ); алмазов (29 месторождений); олова (около 37% разведанных запасов и 30% прогнозных ресурсов РФ); вольфрама (около 60 тыс. тонн), а также месторождение свинца (с запасами 280 тыс. тонн), редких металлов (154 млн. тонн руды) <p>Запасы углеводородов:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ 18 угольных месторождений с учтенными балансовыми запасами свыше 670 млн. тонн, из них 16 месторождений (свыше 300 млн. тонн) находится в нераспределенном фонде 	<p>Минерально-сырьевые ресурсы:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Значительные запасы рудного и россыпного золота, рудного олова, вольфрама, меди, ртути <p>Запасы углеводородов:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ В пределах территории и шельфов омывающих зону морей выявлено 6 перспективных нефтегазоносных бассейнов со значительными запасами углеводородного сырья ❖ Значительные запасы нефти и газа - в Анадырском и Хатырском нефтегазоносных бассейнах ❖ Предварительно оцененные запасы Телекайской площади позволяют прогнозировать добычу около 500 тыс. тонн нефти и 70 млн. куб. метров газа*

Социальная среда зоны

Кольская опорная зона	Архангельская опорная зона	Ненецкая опорная зона	Воркутинская опорная зона
<p><i>Научно-образовательный потенциал:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет» ❖ Многофункциональный центр морских арктических технологий и компетенций на базе ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет» ❖ 5 научных и научно-образовательных центров ❖ Междисциплинарные научно-образовательные полевые стационары* <p><i>Потребность в кадрах:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ В строительстве, горнодобывающей и обрабатывающей промышленности, предприятий топливно-энергетического комплекса, судоремонта, в сфере здравоохранения и образования ❖ В прогнозируемом периоде (до 2025 г.) требуется 2 тыс. высококвалифицированных специалистов высшего и среднего звена в области строительства и эксплуатации портов, иных морских сооружений, объектов инженерной и энергетической инфраструктуры 	<p><i>Научно-образовательный потенциал:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» ❖ Центр компетенций в области машиностроения как источник инноваций и конкурентоспособности региональной промышленности* 	<p>Ненецкий АО – один из самых малонаселённый субъект Российской Федерации</p>	<p>Население муниципального образования городского округа «Воркута» по состоянию на 1 января 2016 г. составляет 81,44 тыс. человек (постоянно уменьшается за счет миграции)</p> <p>Создание территории опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР) «Воркута»*</p>

Ямало-Ненецкая опорная зона	Таймыро-Туруханская опорная зона	Северо-Якутская опорная зона	Чукотская опорная зона
<p><i>ЯНАО - самый социально защищённый регион (более 100 мер поддержки, из них 60% региональные).</i></p> <p><i>Примечание. Необходимость удержания в регионе людей.</i></p> <p><i>Высокая стоимость ЖКХ (сдерживается средствами регионального бюджета); высокий фонд аварийного ветхого жилья, накопленного в период советского форсированного освоения севера</i></p>	<p><i>❖ Экологические проблемы Красноярского края вследствие экстенсивного природопользования. Регион входит в тройку субъектов РФ, лидирующих по масштабам загрязнения окружающей среды</i></p> <p><i>Проекты развития транспортной инфраструктуры (в частности строительства нефтяного терминала) также вызывают озабоченность специалистов-экологов</i></p>	<p>Развитие арктических районов Республики Саха (Якутия) предполагает сохранение традиционных видов деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока, проживающих на территории Арктической зоны Российской Федерации, численность которых достигает 20 тыс. человек. Это свыше половины от общего числа народов, проживающих на этой территории</p> <p>Примечание. Роль Северо-Якутской опорной зоны эксперты видят в формировании центра научного изучения Арктики</p>	<p>Основу экономики Чукотского автономного округа составляет горнодобывающая промышленность. Такие отрасли округа, как рыбоперерабатывающие предприятия, предприятия по производству строительных материалов и оленеводство развиты слабо и служат для удовлетворения местных нужд. Коренное население занято традиционными видами промысла</p>

3.2 ЭГМ2018 «БРИКС: стратегический инновационный потенциал энергетического партнерства»

Описание стратегических программ в области научно-технического и инновационного развития в странах-партнерах БРИКС

За последние годы была значительно расширена общая институциональная инфраструктура научно-технического и инновационного развития стран БРИКС. Были созданы и активно функционируют – *Банк развития стран БРИКС, Сетевой университет стран БРИКС, Рамочная программа БРИКС в сфере науки, технологий и инноваций (BRICS Science, Technology and Innovation Framework Programme)*, направленная на поддержку передовых исследований в тематических областях.

Поддержка странами БРИКС научно-технологической кооперации декларировалась с первого саммита в 2009 г., однако первые практические рекомендации по этому направлению появились только в 2011 г. в Декларации по итогам III саммита БРИКС в г. Санья (о. Хайнань, КНР). В документе стороны выразили поддержку практике проведения симпозиумов научных центров БРИКС и изучению вопроса о создании сети исследовательских центров стран-участниц.

Далее ежегодно проходили встречи старших должностных лиц для обсуждения путей развития научно-технического и инновационного сотрудничества в формате БРИКС: в г. Далянь (КНР), в Претории (ЮАР) в ноябре 2012 г. и Нью-Дели (Индия) в декабре 2013 г. В рамках этих встреч были впервые сформулированы приоритетные сферы научно-технологического сотрудничества.

В 2014 году в г. Кляйнмонд (ЮАР) прошла I встреча Министров науки, технологий и инноваций стран БРИКС. Была подписана *Кейптаунская декларация*, в которой был дополнен список приоритетных сфер научно-технологического сотрудничества стран БРИКС. А также определены пять приоритетных сфер, для каждой из которой была названа страна-лидер. В частности, Россия была призвана сфокусировать своё внимание на борьбе с загрязнением окружающей среды и использовании водных ресурсов, Индия – на разработке геопространственных технологий и программ, а Китай – на развитии альтернативной энергетики на базе возобновляемых источников.

В марте 2015 г. на II встрече Министров науки, технологий и инноваций стран БРИКС (г. Бразилиа) был подписан *Меморандум о сотрудничестве в сфере науки, технологий и инноваций*.

Документ обозначает в качестве одной из приоритетных целей формирование стратегической системы сотрудничества в сфере науки, технологий и инноваций между государствами-участниками БРИКС, а также совместное получение новых знаний и инновационных продуктов, окончательно выделяя 12 главных направлений сотрудничества из числа называвшихся ранее:

- обмен информацией о стратегиях и программах, а также содействие трансферу инноваций и технологий;
- обеспечение продовольственной безопасности и устойчивого сельского хозяйства;
- противодействие изменению климата и минимизация последствий природных катастроф;
- новые и возобновляемые источники энергии, энергосбережение;
- нанотехнологии;
- высокопроизводительные компьютерные вычисления;
- фундаментальные исследования;
- исследование и освоение космоса, авионавтика, астрономия и наблюдение за поверхностью Земли;
- медицина и биотехнологии;
- водные ресурсы и нейтрализация загрязнений;
- развитие высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов;

- трансфер технологий.

В этом документе определены уполномоченные органы, цели, направления, механизмы и формы сотрудничества, руководящие органы, механизмы и формы финансирования, контроль прав интеллектуальной собственности. Среди механизмов и форм сотрудничества, помимо реализации совместных программ и проектов НИР, названы краткосрочные программы по обмену учеными, исследователями, техническими специалистами и преподавателями; программы поддержки развития человеческого капитала в сфере науки, технологий и инноваций (учебные программы); организация семинаров, симпозиумов и конференций в сфере науки, технологий и инноваций, а также создание механизмов совместного финансирования для поддержки исследовательских программ БРИКС. В 2015 г. в Москве была подписана *Московская декларация*, в которой отражены ключевые направления сотрудничества стран БРИКС на среднесрочную перспективу, включая:

- согласование и гармонизацию политики стран БРИКС в области науки и технологий, разработку совместных стандартов и критериев оценки, обеспечение взаимного доступа к исследовательским инфраструктурам стран, построение сетевого взаимодействия, создание общего информационного пространства;
- вопрос о создании единого научно-исследовательского пространства БРИКС, координацию и создание рабочих групп по сотрудничеству, в том числе в рамках мегасайенс-проектов;
- создание совместной научно-исследовательской и инновационной платформы в целях координации работы по согласованным и закрепленным за странами направлениям научно-технической кооперации.

Утвержден *Рабочий план БРИКС по науке, технологиям и инновациям на 2015-2018 гг.*, включая положение о реализации совместных научно-технических программ. В этом документе сделан акцент на пяти приоритетных направлениях сотрудничества с указанием контактных центров для координации деятельности, а также предусмотрены новые научно-исследовательские и инновационные инициативы, включая создание исследовательской и инновационной Сетевой платформы стран БРИКС, создание инновационных и технологических кластеров, зон высоких технологий, научных парков и инкубаторов; учреждение научно-исследовательских и инновационных центров БРИКС.

Для реализации целей сотрудничества и исполнения вышеуказанных соглашений в 2016–2017 гг. был проведен ряд мероприятий научно-технологического и инновационного сектора БРИКС.

На очередной встрече руководства и представителей профильных министерств и ведомств в Китае (Ханчжоу, 2017 г.) был подписан ряд важных документов: *Ханчжоуская декларация*, *План действий БРИКС по инновационному сотрудничеству на период 2017-2020 гг.*, *Рабочий план БРИКС с обновленным планом действий на 2017-2018 гг.*

План действий направлен в том числе на:

- поддержку проектов и разработок (R&D) в области фундаментальных и прикладных исследований и инноваций в рамках двустороннего и пятистороннего взаимодействия;
- поощрение стратегических и долгосрочных партнерских отношений между университетами и промышленностью для удовлетворения потребностей бизнеса и вклада в экономический рост;
- передачу технологий, разработку платформ для сотрудничества между предприятиями и научными кругами и т.д.

Для развития инновационной инфраструктуры БРИКС планируется предпринять следующие шаги:

- создавать «национальные контактные точки» (НКТ) по поддержке международного научно-технического и инновационного сотрудничества в рамках БРИКС;

- инициировать финансирование поддержки малых и средних инновационных предприятий в рамках стран БРИКС;
- развивать единую информационно-коммуникационную систему (сетевую платформу), которая была бы связана с национальными интернет-ресурсами стран БРИКС и включала специализированные сервисы по поиску партнеров и т.п.

Представление международных соглашений в области энергетики (на платформе БРИКС)

Ежегодно на Саммитах БРИКС на повестку дня выносятся широкий круг задач, среди которых вопросы энергетики и энергетического сотрудничества с целью обеспечения безопасности занимают заметное место. В частности, речь идёт об обеспечении стабильности поставок энергоресурсов, а также производстве и потреблении энергии в наиболее экологически обоснованном варианте. Кроме того, отдельно стоит выделить использование энергии с учётом конкурентоспособности экономики стран. Важным является и поиск баланса между энергетическими, экологическими и социальными задачами с целью развития и использования энерготехнологий, диверсификации и применения энергоресурсов, «озеленение» или сохранение экологического баланса на прежнем уровне, который в то же время открывает широкое поле для деятельности в международном формате.

Энергетическое сотрудничество стран-членов БРИКС может быть разделено на несколько этапов, характеризующихся изменением повестки и приоритетов.

Первое упоминание о сотрудничестве в энергетической сфере присутствует в «Совместном заявлении лидеров стран БРИК» от 16 июня 2009 г. по итогам I саммита стран группы в Екатеринбурге. Было выражено стремление к укреплению «координации и сотрудничества стран в энергетической области... объединении усилий по снижению неопределённости и обеспечению стабильности и устойчивости», созданию новой энергетической инфраструктуры, повышению энергоэффективности и диверсификации источников энергии. С течением времени формулировка намерения претерпевала изменения, но от саммита к саммиту развитие энергетического сотрудничества неизменно оставалось на повестке дня.

За несколько лет с момента создания блока к энергетической проблематике присоединились и новые направления институционализации сотрудничества и проектного развития. На первый план вышли более перспективные области, такие, как взаимодействие в сфере инфраструктурных проектов, а также создание совместных финансовых институтов – Банка развития БРИКС.

VI саммит группы прошёл в Бразилии 14–16 июля 2014 г. В контексте энергетического вопроса важным является то, что впервые на повестку дня российской стороной были вынесены конкретные меры по данному направлению - учреждение Энергетической ассоциации БРИКС, а также Резервного банка топлива и Института энергетической политики БРИКС под её эгидой. Данные предложения находятся в стадии реализации.

На сегодняшний день взаимодействие стран БРИКС в области энергетики в большей мере является двусторонним, неравномерным по глубине и масштабам связей. Но БРИКС является «молодым» стратегическим партнерством, и с учётом имеющейся базы сотрудничества и взаимодополняющих экономически обоснованных потребностей, ожидается наращивание взаимодействия в энергетической сфере. Объективные диаметрально противоположные интересы в отношении уровня цен, а также в отношении использования возобновляемых источников энергии и ископаемого топлива сохраняют возможность нахождения консенсуса, но препятствуют действиям БРИКС в качестве единой силы. Рассматривая формат двусторонних связей, энергетическое сотрудничество в той или иной мере охватывает все страны БРИКС и базируется как на межправительственных соглашениях, так и на долгосрочных контрактах между

отдельными компаниями, финансовыми организациями. В настоящее время, торговля энергоресурсами России в рамках соглашений БРИКС ведется только с Китаем (без учета незначительных объемов экспорта угля в Индию). Значимость торговли энергоресурсами для российской стороны не снижается. Другая форма сотрудничества в сфере энергетики между Россией и странами БРИКС осуществляется через реализацию масштабных проектов: активно действуют российские компании на территориях стран-партнеров, а примерами присутствия компаний стран БРИКС в российском ТЭК могут служить индийская ONGC, владеющей долей (20%) в проекте «Сахалин-1», а также китайской CNPC, которая в 2013 году приобрела 20% акций ОАО «Ямал СПГ».

Таблица 3.2.1

Важнейшие стратегические и прогнозные документы стран БРИКС

Бразилия	Россия	Индия	Китай	ЮАР
План «Большая Бразилия» (The Greater Brazil Plan)	Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации	12-й пятилетний план (Twelfth Five Year Plan)	Стратегия развития до 2050 г. (Strategy 2050)	План развития до 2030 г. (National Development Plan 2030)
Программа «Ускоренного роста» (Growth Acceleration Program)	Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»	Концепция развития до 2030 г. (Vision 2030)	20 развивающихся отраслей промышленности 2010-2020 (20 Strategic Emerging Industries 2010–2020)	Новая стратегия роста (The New Growth Path)
	Национальная технологическая инициатива	Национальный план действий в отношении изменения климата (National Action Plan on Climate Change)	Ключевые национальные программы НИОКР (National Key Technologies R&D Program)	Стратегический план 2016-2021 (National Key Technologies R&D Program)
	Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 г.			

Международные соглашения стран-партнеров БРИКС в дальнейшем развиваются на платформе межкорпоративной и межорганизационной интеграции. В рамках международных соглашений реализуются такие интеграционные формы как международный стратегический альянс, консорциум, совместное предприятие и кластер.

Международный стратегический альянс (МСА) – это долгосрочное соглашение между двумя или большим числом самостоятельных компаний о сотрудничестве по одному или нескольким направлениям деятельности: НИОКР, производство, маркетинг, совместное использование технологии, лицензирование, дистрибуция и др. В рамках функциональных соглашений не создается новой организации, а сотрудничество имеет ограниченный характер. Стороны передают ресурсы для ведения совместной деятельности, но не делят собственности или прибыли предприятия. Такие альянсы оказываются более гибкими, чем альянсы, построенные на основе совместного предприятия или долевого участия в активах: контракты могут быть изменены, что позволяет переориентировать стратегию МСА в ответ на постоянные изменения глобальных рынков. С другой стороны, функциональные альянсы могут быть легко трансформированы в альянсы с долевым участием или совместные предприятия.

Совместное предприятие. Совместное предприятие (СП) - это соглашение об участии в активах с образованием новой организации. СП обеспечивает совместную, но не обязательно равную, собственность и контроль над использованием активов. Совместное предприятие – наиболее сложная в организационном отношении форма международного стратегического альянса. При этом возникает самостоятельная организация, чей капитал разделен между партнерами-учредителями, имеющими право на получение дивидендов в качестве компенсации пропорционально вкладам. Общее имущество партнеров предопределяет их совместную собственность на создаваемый продукт. В некоторых

случаях партнеры ограничивают свое сотрудничество выполнением определенных функций.

Консорциум. Консорциум - это временное договорное объединение предприятий для решения конкретных задач - реализации крупных целевых программ и проектов, в том числе научно-технических, строительных, природоохранных и др.

Соглашение о консорциуме может быть заключено для участия в международных торгах создания объектов за рубежом, при оказании любого вида услуг, при реконструкции и модернизации промышленных объектов. Действие его может иметь разовый, кратковременный или долговременный характер. После выполнения задачи он прекращает свою деятельность или преобразуется в другой вид объединения. Существенной чертой этой формы интеграции компаний становится их интернационализация. Для современных консорциумов характерно многонациональное представительство. Несмотря на то, что участники консорциума юридически независимы, эта форма интеграции компаний обладает практически всеми преимуществами компании с юридической ответственностью.

Кластер. Кластер - это географически сплоченные группы взаимодействующих компаний, финансовых и общественных институтов в определенной области, связанные совместными технологиями и значениями. Они обычно существуют на территории, где возможна легкость коммуникаций, логистики и персонального взаимодействия.

Кластеры - это группы независимых предприятий и связанных с ними организаций, которые:

- географически сконцентрированы в одном или нескольких регионах, даже если кластер осуществляет деятельность на глобальном рынке;
- сотрудничают, а иногда и конкурируют друг с другом;
- специализированы в определенной области и взаимодополняют друг друга;
- связаны общими технологиями и знаниями.

Предприятия, входящие в кластер, могут быть диверсифицированными и представлять разные отрасли. Глубина взаимодействий компаний, входящих в кластер, может быть различной: например, может быть сформулировано совместное планирование, контроль и постоянная координация деятельности. В кластер входят как крупные, так мелкие и средние предприятия.

Если рассматривать перспективы взаимодействия с конкретными странами, то России необходимо выстраивать действенные механизмы взаимовыгодного сотрудничества по торговле энергоресурсами со странами-импортерами (Китай, Индия), а основными взаимовыгодными интересами с ЮАР и Бразилией могут стать привлечение инвестиций и обмен технологиями в ряде отраслей ТЭК.

Более перспективным представляется сотрудничество в области внутренней энергетической политики, то есть развития ТЭК стран БРИКС. Наличие объединения не так много добавляет с точки зрения непосредственно поставок энергоресурсов: спрос и предложение нашли бы друг друга и вне формата БРИКС, но объединение предоставляет новые инвестиционные возможности, в том числе за счет деятельности совместного Нового банка развития (НБР).

Примерами такого сотрудничества могут служить:

- инвестиционный проект по развитию малой энергетики в Карелии (строительства двух очередей МГЭС «Белопорожская ГЭС»),
- поддержка инициатив в области возобновляемых источников энергии в ЮАР (Банк развития БРИКС одобрил свой первый портфель кредитов на сумму \$ 811 млн),
- кредит на сумму 300 миллионов долларов на развитие альтернативной энергетики в Бразилии.

Перспективные направления сотрудничества России со странами БРИКС в сфере энергетики

Страна/БРИКС	Сектор энергетической отрасли	Перспективное направление	Выгоды для России
Китай	Нефтегазовый	Инвестиции китайских компаний в освоение ресурсов в России	Привлечение инвестиций в отрасль; развитие проектов в новых районах добычи, в том числе в Арктике
	ВИЭ	Участие китайских компаний в сооружении мощностей ВИЭ в России, строительстве заводов по производству оборудования для ВИЭ	Развитие ВИЭ; рост уровня локализации производства оборудования для ВИЭ в России
Индия	Нефтегазовый	Инвестиции индийских компаний в освоение ресурсов в России; рост поставок нефти и газа в Индию	Привлечение инвестиций в отрасль; развитие проектов в новых районах добычи, в том числе в Арктике; наращивание экспорта нефти и газ за счет нового крупного рынка сбыта
Бразилия	Нефтегазовый	Глубоководная добыча нефти	Использование технологий по добыче нефти в море; привлечение инвестиций в отрасль
ЮАР	Угольный	Технологии добычи и переработки угля	Использование опыта и технологий компаний ЮАР
БРИКС	Общая политика в ТЭК	Создание энергетической ассоциации БРИКС	Выработка единой позиции и программы действий в сфере глобальной энергетики (альтернатива МЭА и ОПЕК); возрастание роли России в качестве основного экспортёра энергии и стабилизатора рынка в случае экстремальных ситуаций

БРИКС развивается, и подтверждением тому являются уже реализуемые проекты в сфере энергетики: строительство и введение в эксплуатацию Тяньваньской АЭС, экспорт электроэнергии из России в Китай по линиям электропередач «Благовещенская - Хэйхэ», «Благовещенская - Айгунь» и «Амурская - Хэйхэ», введение в эксплуатацию угольной Ерковецкой ТЭС, партнерство государственной CNPC (Китай) и ПАО «Газпром» в рамках создания восточного маршрута газопровода «Сила Сибири», развитие «Восточной нефтехимической компании», проект «Ямал СПГ», введение в эксплуатацию первой и второй очереди АЭС «Куданкулам», проекты ОАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром» и ОАО «Силовые машины» в Бразилии, освоение месторождения Либра, проект «Сахалин-1» и другие.

Тяньваньская АЭС

В настоящее время КНР занимает лидирующие позиции в мире по увеличению мощностей в атомной энергетике. В 2015 году китайские реакторы вырабатывали 42 ГВт, к 2020 году запланировано удвоить данный показатель. Стремление воплотить напряженные стратегические планы подталкивает Китай к активному сотрудничеству с РФ. Так, в настоящее время продолжаются работы по сооружению Тяньваньской АЭС в китайской провинции Цзянсу, на берегу Желтого моря.

Тяньваньская АЭС (ТАЭС) – самый крупный объект экономического сотрудничества между КНР и РФ. Первая очередь ТАЭС (энергоблоки № 1 и № 2 с ВВЭР-1000) введена в эксплуатацию во исполнение *Межправительственного соглашения о сотрудничестве в сооружении в КНР атомной станции*, заключенного 18 декабря 1992 года. Заключён контракт на строительство ещё двух блоков, при этом генеральный план Тяньваньской АЭС предусматривает строительство 8 энергоблоков.

Строительство станции было проведено по проекту «АЭС-91». Энергоблоки спроектированы на основе опыта сооружения и эксплуатации энергоблоков ВВЭР-1000/320. В энергоблок входят установка с реактором типа ВВЭР-1000/428 и турбина типа К-1000-60/3000 с генератором ТВВ-100002УЗ. Энергоблок соответствует международным нормам по ядерной и радиационной безопасности.

Здание реактора укрыто двойной оболочкой: внутренняя герметичная оболочка исключает проникновение радиации в окружающую среду, а наружная предназначена для защиты реактора от нежелательных воздействий со стороны внешней среды.

Под корпусом реактора установлена «ловушка» для удержания и охлаждения расплавленной активной зоны. Она предусмотрена для того, чтобы в случае аварии расплавленная активная зона заполнила «ловушку» и не разрушила основание и фундамент под корпусом и зданием реактора. «Ловушка» имеет оригинальные технические решения, не имеющие аналогов в мировой практике сооружения АЭС. Китай стал первой страной, обладающей подобным устройством. Проект «ловушки», разработанный российскими инженерами, успешно прошел экспертизу российских и китайских надзорных органов и получил одобрение МАГАТЭ.

Сооружение первых двух блоков атомной электростанции «Тяньвань» было реализовано российской компанией «Атомстройэкспорт», в объем обязательств которой вошли техническая ответственность за весь проект в целом, проектирование АЭС, поставка оборудования и материалов из России и стран СНГ, поставка начальной загрузки свежего ядерного топлива для каждого блока, обучение китайского персонала, передача расчетных компьютерных кодов, выполнение монтажных работ в четырех основных зданиях «ядерного острова», выполнение пусконаладочных работ на всех системах ТАЭС, ввод станции в эксплуатацию, обеспечение гарантийной эксплуатации энергоблоков, поставка запасных частей.

Таблица 3.2.3

Информация об энергоблоках

Энергоблок	Тип реакторов	Мощность		Начало строительства	В сети
		Чистый	Брутто		
Тяньвань-1	ВВЭР-1000/428	990 МВт	1060 МВт	20.10.1999	12.05.2006
Тяньвань-2	ВВЭР-1000/428	990 МВт	1060 МВт	20.10.2000	14.05.2007
Тяньвань-3	ВВЭР-1000/428М	1050 МВт	1126 МВт	27.12.2012	30.12.2017
Тяньвань-4	ВВЭР-1000/428М	1050 МВт	1126 МВт	27.09.2013	декабрь 2018 (план)
Тяньвань-5	АСPR-1000	1000 МВт	1080 МВт	27.12.2015	
Тяньвань-6	АСPR-1000	1000 МВт	1080 МВт	07.09.2016	
Тяньвань-7 (план)	ВВЭР-1200	1150 МВт	1200 МВт		
Тяньвань-8 (план)	ВВЭР-1200	1150 МВт	1200 МВт		

Стоимость сооружения первой очереди Тяньваньской АЭС, два первых энергоблока которой мощностью по 1000 МВт уже сданы в коммерческую эксплуатацию, составила \$3 млрд (1,8 млрд евро).

Вторая очередь Тяньваньской АЭС (ТАЭС-2), включающая в себя также два блока с реакторами типа ВВЭР-1000 по проекту АЭС-91, сооружается в соответствии с Генеральным контрактом на блоки №3 и №4 ТАЭС-2, который был подписан в 2010 году и вступил в силу в 2011 году. Российская сторона имеет обязательства по разработке технического и рабочего проектов Ядерного Острова (ЯО) для блоков 3 и 4 ТАЭС-2 в целом, оказание сопутствующих услуг. АО АСЭ несет также общую техническую ответственность за проект блоков № 3 и № 4, отвечает за управление интерфейсами по всему проекту и обеспечивает гарантийные обязательства.

Строительство второй очереди Тяньваньской АЭС началось в 2012 г., после того как уже построенные блоки и сам проект прошли многочисленные проверки безопасности, связанные с аварией на АЭС в Фукусиме.

Результаты экспорта электроэнергии из России в Китай: линии электропередач «Благовещенская - Хэйхэ», «Благовещенская - Айгунь» и «Амурская - Хэйхэ»

Проект увеличения экспорта электроэнергии из Российской Федерации в Китайскую Народную Республику реализуется в рамках стратегического сотрудничества двух государств в области электроэнергетики. Целью проекта является поэтапное увеличение поставок электроэнергии китайским потребителям в соответствии с согласованными планами сторон.

Акционерное общество «Восточная энергетическая компания» или АО «ВЭК» (100 % дочернее предприятие ПАО «Интер РАО») – российский экспортёр электроэнергии, которое образовано в 2007 году с целью развития проектов экспорта электроэнергии в Китай и Монголию, а также для расширения сотрудничества в энергетической сфере с другими странами Азии и АТР. На сегодняшний день предприятие является единственным российским экспортёром электроэнергии в Китайскую Народную Республику. Компания осуществляет поставки в рамках долгосрочного 25-летнего контракта по приграничной торговле, подписанного в феврале 2012 года, с Государственной электросетевой корпорацией Китая на поставку электроэнергии в суммарном объёме 100 млрд кВт·ч. Конкретные объёмы и график поставок электроэнергии определяются совместно китайской и российской сторонами, осуществляются исходя из потребностей китайской стороны, учитывая возможности российской энергосистемы.

Проект реализуется в нескольких направлениях: от поставок избыточной электроэнергии с территории Амурской области в приграничные районы Китая по существующим линиям электропередач и сооружения первой межгосударственной ЛЭП до строительства новых генерирующих и сетевых объектов. АО «ВЭК» осуществило финансирование и строительство уникального инженерного сооружения – перехода через реку Амур воздушной линии электропередач 500 кВ «Амурская – Хэйхэ».

Это позволило соединить Дальний Восток России и северо-восточные провинции Китая первой межгосударственной ЛЭП сверхвысокого класса напряжения. Ввод в эксплуатацию в 2012 году ВЛ 500 кВ увеличил пропускную способность почти в шесть раз. По итогам проекта АО «ВЭК» вошло в Топ-50 Рейтинга компаний строительного комплекса членов Ассоциации «Объединение инженеров-строителей».

Энергетический сектор экономики несомненно является одной из главных и перспективных областей партнерства в рамках и Шанхайской организации сотрудничества (ШОС). Экспорт электроэнергии в Китай осуществляется по трем линиям электропередачи: ВЛ 110 кВ «Благовещенская - Хэйхэ», двухцепная ВЛ 220 кВ «Благовещенская - Айгунь» и ВЛ 500 кВ «Амурская - Хэйхэ».

В рамках реализации проекта Группа «Интер РАО» совместно с Государственной электросетевой корпорацией Китая рассматривает варианты комплексных проектов, включающих освоение угольных месторождений Дальнего Востока и Сибири, строительство крупных ТЭС и межгосударственных линий электропередач постоянного тока сверхвысокого и ультравысокого напряжения.

В 2016 году объем поставок электроэнергии в Китай сохранился на уровне 2015 года (3,3 млрд кВт·ч и планируется неизменным до 2022 года. Подтверждением данного обстоятельства служат данные из готового отчета в области устойчивого развития и экологической ответственности «Интер РАО» за 2017 год.

Угольная Ерковецкая ТЭС

Российская «Интер РАО» и китайская Государственная электросетевая компания (State Grid Corporation of China, SGCC) заключили соглашение о возрождении проекта строительства гигантской угольной Ерковецкой электростанции на границе с Китаем. К данному соглашению готов присоединиться ВЭБ. Идея проекта предполагает экспорт электроэнергии из России в Китай за счет использования уникального географического положения и природного потенциала Амурской области.

Предполагается строительство Ерковецкой ТЭС на «борту» Ерковецкого бурогольного месторождения для реализации второго этапа проекта экспорта электроэнергии в Китай. Цель проекта: поэтапное увеличение экспорта электроэнергии из РФ в Китай с 0,9 до 60 млрд. кВт·ч за счет строительства новых объектов генерации. В результате ожидается ускоренное развитие топливно-энергетического комплекса, составляющего основу экономики Амурской области.

Строительство Ерковецкой ТЭС для поставки электроэнергии в Китай обсуждалось с 2010 года. В 2015 году «Интер РАО» должна была закончить технико-экономическое обоснование проекта. Предполагалось, что «Интер РАО» и SGCC будут добывать 35 млн т угля в год на Ерковецком разрезе, а рядом с ним построят самую большую тепловую электростанцию в России мощностью 8 ГВт. Они также планировали провести в Китай 2000 км высоковольтной ЛЭП. В 2015 году глава SGCC Шу Иньбяо оценивал весь проект в \$15 млрд. Среди других возможных партнеров «Интер РАО» называла еще две китайские компании – угледобывающую Shenhua и генерирующую China Huaneng. Но в 2015 году темпы роста потребления электроэнергии в Китае резко снизились: спрос увеличился всего на 0,5%, до 4,96 трлн кВт·ч, хотя до этого прибавлял по 5–9% в год. Проект Ерковецкой ТЭС, ориентированный на экспорт, пришлось заморозить, как было указано в госпрограмме Минэнерго «Энергоэффективность и развитие энергетики».

В последние два года потребление в Китае растет (на 5% до 5,9 трлн кВт·ч в 2016 году и еще на 6,6%, до 6,3 трлн кВт·ч в 2017 году). Кроме того, Китай стремится сократить выработку угольных ТЭС внутри страны в рамках Парижского соглашения по климату.

С учетом интереса ВЭБа шансы на строительство Ерковецкой ТЭС серьезно вырастают. Потенциально проект может быть интересен китайской стороне: сейчас цена на электроэнергию в Китае без учета затрат на транспорт на 20–40% выше, чем в России. Стоит отметить, что идея создания ТЭС рядом с крупными угольными месторождениями существует давно. Строительство таких станций позволяет значительно сэкономить на перевозке топлива. Кроме того, подобный экспорт предпочтительнее сырьевого, так как электроэнергия – это продукт с более высокой добавленной стоимостью. Если новая мощная ТЭС будет возведена и сдана в эксплуатацию, то экспорт электроэнергии из России в Китай вырастет до 30-50 млрд кВт·ч. Однако могут возникнуть и экологические риски, поскольку станция способна потреблять 30-35 миллионов тонн угля в год.

Мощность электростанции составит 4 ГВт, также предполагается построить ЛЭП в Китай и начать разработку Ерковецкого угольного разреза. Строительство ТЭС может обойтись компаниям в \$8 млрд, а вместе с ЛЭП и затратами на строительство шахт по оценкам экспертов - в \$14-26 млрд.

«СИЛА СИБИРИ»

Локомотивом сотрудничества в нефтегазовой сфере остается государство. Соглашение о поставках газа из России в Китай, заключенное в 2014 году между государственной CNPC (Китай) и ПАО «Газпром», имеет не только экономическое, но и политическое значение. Контракт предусматривает ежегодные поставки газа до 38 млрд кубометров в течение 30 лет. Поставки начнутся 20 декабря 2019 года, и на запланированный объем компании выйдут к 2025 году, постепенно увеличивая объемы по мере ввода участков газопровода на территории Китая.

Для реализации контракта осуществляется строительство магистрального газопровода из Якутии в Китай - МГП Сила Сибири-1 («восточный маршрут»). Кроме этого, компании продолжают переговоры еще по двум газотранспортным проектам - поставках газа по западному маршруту (Сила Сибири-2, МГП Алтай) и с Дальнего Востока (Сила Сибири-3). В декабре 2017 года «Газпром» и CNPC подписали Соглашение об основных условиях поставок природного газа из Сибири и Дальнего Востока России в Китай. Подписание контракта ожидается до конца 2018 года.

В окончательном виде трубопровод пройдет от Ковыктинского месторождения в Иркутской области через Чаяндинское месторождение в Якутии до г. Благовещенск в

Амурской области. Протяженность газопровода на территории России составит около 3000 км. Далее газопровод пересечет российско-китайскую границу через реку Амур, и от г. Хэйхе начнется его китайская часть протяженностью 3170 км, которая дойдет до провинции Шанхай. В сентябре 2018 Газпром объявил о том, что осталось проложить всего 40 км линейной части маршрута. В свою очередь CNPC анонсировала завершение прокладки трансграничного туннеля для газопровода под р. Амур. Начался этап оборудования внутреннего пространства данного сооружения. Основные работы по укладке МГП Сила Сибири-1 должны быть закончены до конца 2018 г. На 2019 г. намечены испытания газопровода, монтаж систем электроснабжения, связи и телемеханики, пусконаладочные работы.

Реализация проекта на китайской территории идет строго по плану: отрезок между городом Хэйхэ и уездом Чанлин будет готов к сдаче в эксплуатацию в октябре 2019 года. Остальные участки планируют ввести в эксплуатацию к концу 2020 года. В то же время китайская сторона готовится к газификации приграничных территорий с помощью российского газа. В провинции Хэйлуцзян планируют приступить к строительству газораспределительных сетей общей протяженностью около 2,8 тыс. км до конца 2018 г. (к этому проекту подключились также несколько российских энергетических компаний). Это позволит оперативно начать газификацию северо-востока провинции. На российской стороне газификация Приамурья за счет магистрального газопровода (МГП) начнется на 2 года позже - только с 2020 г.

В целом, китайский газовый рынок обладает большой привлекательностью, демонстрируя динамичный рост потребления и импорта. В первом полугодии 2018 г. Китай вышел на первое место в мире по общему объему импорта природного газа (включая трубопроводный и сжиженный природный газ), обойдя Японию.

ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» и государственная CHEMCHINA: финансово-строительное партнерство (Восточная Нефтехимическая Компания)

В 2015 году ПАО «НК «Роснефть» и ChemChina подписали Меморандум о финансово-строительном партнерстве с целью возведения нефтехимического комплекса в Приморском крае. Соглашение предусматривает вхождение *ChemChina* на 40% в капитал создаваемой Восточной нефтехимической компании (ВНХК) с пропорциональным участием в финансировании. Инвестиции по ВНХК составят до 800 млрд руб.

Проект по строительству ВНХК предусматривает создание на Дальнем Востоке современного нефтехимического комплекса, который позволит: заложить основу для развития нефтехимического кластера; заместить экспорт сырья производством продукции с высокой добавленной стоимостью; получить дополнительную прибыль за счет сбыта продукции на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона; развить инфраструктуру и сопутствующее производство, создать новые рабочие места в ДФО.

В 2015 году ПАО «НК «Роснефть» и ChemChina подписали Меморандум о финансово-строительном партнерстве с целью возведения нефтехимического комплекса в Приморском крае. Соглашение предусматривает вхождение *ChemChina* на 40% в капитал создаваемой Восточной нефтехимической компании (ВНХК) с пропорциональным участием в финансировании. Инвестиции по ВНХК составят до 800 млрд руб.

Проект по строительству ВНХК предусматривает создание на Дальнем Востоке современного нефтехимического комплекса, который позволит: заложить основу для развития нефтехимического кластера; заместить экспорт сырья производством продукции с высокой добавленной стоимостью; получить дополнительную прибыль за счет сбыта продукции на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона; развить инфраструктуру и сопутствующее производство, создать новые рабочие места в ДФО.

ЯМАЛ СПГ

ЯМАЛ СПГ – интегрированный проект по добыче, сжижению и поставкам природного газа. Проект предусматривает строительство завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) на ресурсной базе Южно-Тамбейского месторождения.

Доказанные и вероятные запасы газа месторождения по стандартам PRMS составляют 926 млрд куб. м. В рамках реализации Проекта создается транспортная инфраструктура, включающая морской порт и аэропорт Сабетта. Оператором Проекта является ОАО «Ямал СПГ» - совместное предприятие ОАО «НОВАТЭК» (50,1%), концерна TOTAL (20%) и Китайской Национальной Нефтегазовой Корпорации (20%) и Фонда Шелкового пути (9,9%). Строительство завода по сжижению природного газа осуществляется тремя очередями с запуском в 2017, 2018 и 2019 годах соответственно.

Проект предусматривает ежегодное производство около 16,5 млн тонн сжиженного природного газа (СПГ) и до 1,2 млн тонн газового конденсата с поставкой на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы.

Для России успешный запуск этого проекта был важен по двум причинам. Во-первых, в условиях растущей конкуренции со стороны Катара, Австралии и США, увеличение экспорта СПГ крайне необходимо для российской энергетической отрасли, ориентированной на экспорт. Во-вторых, успешный запуск проекта «Ямал-СПГ» стал возможностью показать всему миру, что, несмотря на санкции, Россия способна отыскать замену западным кредиторам и найти другие финансовые и технологические источники для достижения своих целей.

В целом, участие в проекте «Ямал-СПГ» для Пекина вылилось в несколько значительных инвестиционных проектов, отвечающим экономическим и геополитическим интересам государства. Так, Китай выступил одним из крупнейших инвесторов проекта, чье финансирование стало играть особо важную роль после наложения на российские арктические проекты санкций. В частности, Экспортно-импортный банк Китая и Китайский банк развития предоставили кредиты сроком на 15 лет на суммы 9,3 миллиардов евро (11,4 миллиардов долларов) и 1,33 миллиарда евро (1,63 миллиарда долларов) соответственно. Фонд Шелкового пути инвестировал 1 миллиард евро (1,2 миллиарда долларов) в приобретение 9,9% акций проекта.

В сентябре 2017 года китайская сторона направила российскому правительству запрос о сокращении налога на доходы от дивидендов для китайских компаний с 10% до 5%. В действующем соглашении между Россией и Китаем указывается, что 5% налоговая ставка представляется компаниям, инвестирующим в проект не менее 80 тысяч евро и имеющим не менее 25% акций проекта. Обе китайские компании представлены пакетом менее 25% акций проекта «Ямал-СПГ»; изменение налоговой ставки возможно только посредством внесения изменений в российско-китайское соглашение, что в итоге окажет влияние и на другие реализуемые проекты между двумя странами.

Китайская сторона также обеспечивает техническую поддержку проекту «Ямал-СПГ». В 2014 году консорциум Yamgaz SNC заключил контракт с китайской компанией Offshore Oil Engineering Co. (COOEC) на выполнение комплекса работ по производству модулей для сжижения газа. Китайские компании имеют знания и опыт в области добычи газа в суровых климатических условиях; это обеспечивает Китаю место в особой группе производителей оборудования для арктической добычи нефти и газа.

ГК «РОСАТОМ» в Индии: введение в эксплуатацию первой и второй очереди АЭС «КУДАНКУЛАМ»

АЭС «Куданкулам» в штате Тамил-Наду (Тамилнад) является основным объектом российско-индийского сотрудничества в области ядерной энергетики. Сооружение в Индии атомной электростанции предусмотрено соглашением между бывшим СССР и Республикой Индия от 20 ноября 1988 года, а также дополнением к этому соглашению, подписанным 21 июня 1998 года, согласно которым Российская Федерация оказывает Индии техническое содействие в сооружении двух энергоблоков с реакторными установками ВВЭР-1000 мощностью 1000 МВт каждый. В основу сооружения АЭС «Куданкулам» положен проект АО «Атомэнергопроект» АЭС-92, который полностью удовлетворяет всем нормативно-техническим требованиям, принятым в России, МАГАТЭ и сертифицирован на соответствие требованиям клуба европейских эксплуатирующих

организаций (EUR), применяемым к АЭС, сооружаемым после 2000 г. Проект включает в себя сооружение двух водо-водяных энергетических реакторов ВВЭР-1000, использующих двуокись урана в качестве топлива и легкую воду в качестве теплоносителя и замедлителя. Первый энергоблок ККАЭС был подключен к сети 22 октября 2013 года; запущен в коммерческую эксплуатацию 31 декабря 2014 года; 5 апреля 2017 года подписан протокол об его окончательной передаче. Второй энергоблок ККАЭС был включен в национальную энергосеть Индии 29 августа 2016 года; 21 января 2017 года выведен на 100% мощности; 30 марта 2017 года передан в гарантийную эксплуатацию.

Весной 2014 года РФ и Индия подписали генеральное рамочное соглашение о строительстве второй очереди (третий и четвертый блоки) этой АЭС. Фактическое начало строительства (залитка "первого бетона") третьего блока состоялось в июне, а четвертого блока – в октябре 2017 года. В настоящее время на площадке АЭС развернуты и полномасштабно ведутся строительные-монтажные работы. Ввод блоков второй очереди в эксплуатацию запланирован на 2023-2024 годы. В июне 2017 года в ходе XVIII Ежегодного российско-индийского саммита, проходившего в Санкт-Петербурге, Группа компаний ASE и Индийская корпорация по атомной энергии подписали Генеральное рамочное соглашение о сооружении третьей очереди (пятый и шестой энергоблоки).

31 июля 2017 года состоялось подписание контрактов между АО «Атомстройэкспорт» и Индийской корпорацией по атомной энергии на первоочередные проектные работы, рабочее проектирование и поставку основного оборудования для III очереди.

Для энергоблоков 3, 4, 5 и 6 ГК «Росатом» будет поставлять новое безопасное топливо - топливные кассеты второго поколения ТВС-2М. Они обладают большей ураноемкостью и глубиной выгорания урановых таблеток, жесткостью конструкции тепловыделяющей сборки. Внедрение новой модели ядерного топлива позволит оптимизировать технические и экономические параметры эксплуатации энергоблока, а также сократить количество образующегося отработанного ядерного топлива. Планируется также подписать контракт на установку такого топлива и на уже действующих первом и втором реакторах АЭС. Всего Россия рассчитывает построить в Индии до 25 атомных реакторов в различных регионах. Индия также видит значительные перспективы в совместном сотрудничестве с Россией в странах Азии и Африки по проектам в области атомной энергетики. На текущий момент Россия является единственной страной, которая реально сотрудничает с Индией в сфере атомной энергетики и АЭС на ее территории.

Стратегическое партнерство ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» с Индийской Государственной Нефтегазовой Корпорацией ONGC: «САХАЛИН-1»

Проект на о. Сахалин попал в зону интересов индийской государственной нефтегазовой компании ONGC, ведущей с 1990-х гг. активную экспансию на зарубежных рынках с целью получения доступа к крупным нефтегазовым активам. «ONGC Videsh Ltd» - дочерняя компания индийской ONGC. Основной функцией компании является управление международными операциями по разведке и добыче. «ONGC Videsh Ltd» является инвестором нефтегазовых проектов в 15 странах, наиболее крупным из которых является проект «Сахалин-1».

«Сахалин-1» – нефтегазовый проект, реализуемый на острове Сахалин по условиям соглашения о разделе продукции. В рамках проекта предусмотрена разработка нефти и газа на северо-восточном шельфе острова Сахалин. Район разработки включает в себя месторождения Чайво, Одопту-море и Аркутун-Даги. Объем извлекаемых запасов оценивается в 307 млн тонн нефти и 485 млрд м³ природного газа. Жизненный цикл проекта пролонгирован до 2040-2050 годов. Оператор проекта – Эксон Нефтегаз Лимитед, дочерняя компания ExxonMobil (30 %), другие участники консорциума по его разработке – ПАО «НК «Роснефть» (20 %), ONGC (20 %) и SODECO (30 %). Проект «Сахалин-1» останется одним из крупнейших проектов с прямыми иностранными инвестициями в России. Хотя в целом опыт индийских компаний по участию в «Сахалине-1» можно рассматривать как

положительный, индийские инвесторы достигли не всех поставленных целей. Поставлять добытую на Сахалине нефть в Индию оказалось экономически нецелесообразным, а вывод на зарубежный рынок добытого газа ограничен из-за отсутствия достаточных мощностей по сжиганию газа.

Попытки индийских нефтяников войти в другие крупные проекты на территории России, такие как освоение Штокмановского месторождения, месторождения Требса и Титова, а также участие в проекте «Ямал-СПГ», раз за разом терпели неудачу либо по причине несоответствия российскому законодательству, ограничивающего прямые иностранные инвестиции в стратегические отрасли, к которым относится и нефтегазовая отрасль, либо по причине конкуренции со стороны влиятельных и технически оснащенных западных и китайских компаний.

Прорывом с точки зрения участия индийских компаний в крупных нефтедобывающих проектах на территории России стала сделка 2016 г. В мае OVL приобрела у «Роснефти» 15% в Ванкорском месторождении за 1,27 млрд долл., а в позже подписала соглашение о покупке еще 11%. Параллельно «Роснефть» обсуждает возможность продажи 23,9% того же месторождения с консорциумом индийских инвесторов в составе Oil India, Indian Oil Corporation и Bharat Petro Resources.

Инвестиционный проект ПАО «НК «РОСНЕФТЬ»»: развитие нефтеперерабатывающего завода компании ESSAR OIL (Индия)

Партнерство Индии с Россией может позволить индийским компаниям увеличить шансы на успех в борьбе за зарубежные нефтегазовые активы. Для российских компаний альянс с индийскими партнерами предоставляет возможности выхода на рынки Южной и Юго-Восточной Азии, а также Восточной Африки. Примером удачной сделки в этом направлении является подписание договора купли-продажи ПАО «НК «Роснефть» 49% акций Essar Oil Limited (далее «EOL») у Essar Energy Holdings Limited. Сделка была единогласно одобрена Советом директоров ПАО «НК «Роснефть» 13.10.2016.

Речь идет об одном из самых современных НПЗ Азиатско-Тихоокеанского региона в г. Вадианар, который обладает комплексной инфраструктурой.

Мощность переработки НПЗ Вадианар в настоящее время составляет 20 млн. тонн в год. По объемам переработки данный НПЗ является вторым в Индии, а по уровню технологической сложности входит в десятку лучших заводов мира. НПЗ обладает высокой гибкостью по сырью и способен перерабатывать тяжелые и сверхтяжелые сорта нефти. НПЗ имеет доступ к глубоководному порту, который может принимать сверхбольшие танкеры класса VLCC. Существующие активы компании генерируют стабильный денежный поток, достаточный для выполнения всех обязательств и финансирования программы развития. Essar Oil Limited владеет также сетью из 2,7 тыс. заправочных станций по всей Индии. Отмена регулирования ценообразования на розничном рынке Индии открыла перспективу эффективного роста розничных продаж. По данным Международного энергетического агентства, начиная с 2000 года рост потребления топлива для автомобильного транспорта в Индии составлял в среднем 6,8% в год. МЭА прогнозирует, что к 2040 автомобильная отрасль Индии будет потреблять 132 млн т.н.э. нефтепродуктов в год (рост 306,8%). В планах компании – существенное расширение сети. Приобретение доли в одном из крупнейших и наиболее современных НПЗ Индии позволит «Роснефти» выйти на перспективный индийский рынок и вывести деятельность трейдингового подразделения на ведущие позиции в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Основными источниками синергии станут возможность переработки тяжелой нефти из Венесуэлы, где ведёт добычу совместное предприятие ПАО «НК «Роснефть» и венесуэльской PDVSA, а также кросс-поставки нефтепродуктов на рынки АТР, что позволит усилить экономическую эффективность деятельности НПЗ. Данная сделка – пример выстраивания глобальной цепочки поставок, в которую будут включены зарубежные производственные активы «Роснефти», а также нефтеперерабатывающие мощности Essar и хорошо развитая сбытовая сеть в Индии.

Поставки природного газа в Индию: стратегическое партнерство ПАО «ГАЗПРОМ» с газовой компанией GAIL)

Контракт с Gail – самый крупный в СПГ-портфеле «Газпрома», он был заключен в 2012 году на 2,5 млн тонн СПГ на 20 лет. Однако в 2016 году Gail уведомила «Газпром» о намерении пересмотреть условия контракта, в том числе сроки, объем и цену.

Поставки в рамках сделки были запланированы на 2018-2019 годы, цена СПГ привязана к стоимости нефти, которая растет, в то время как цены на газ, как ожидается, будут оставаться на относительно низком уровне. Этому способствует запуск новых производственных мощностей в Австралии и США. Для такого чувствительного к цене рынка, как Индия, это большая разница. Она создает конкуренцию между поставщиком – компанией Gazprom Marketing and Trading и Gail.

После двух лет переговоров партнёрам удалось прийти к компромиссу: российская сторона согласилась снизить цену на газ, а Индия пошла на увеличение объёмов поставок и срока контракта. Как отмечают аналитики рынка ТЭК, такая договорённость позволяет сохранить российскому поставщику долгосрочную доходность сделки на первоначальном уровне. Новые условия договора подразумевают увеличение сроков контракта до 23 лет, включая первые 3 года постепенного наращивания объема поставок - 0,5 млн т в течение 1-го года (2018-2019 гг), 0,75 млн т во второй год реализации проекта и 1,5 млн т в третий, и увеличения общих объёмов поставок на 6 млн кубометров. Кроме того, стоимость на поставляемый СПГ было решено привязать к цене нефти марки Brent, в то время как первоначальные условия предполагали их привязку к цене «чёрного золота» на индийских терминалах. Для обеспечения поставок Gazprom Marketing & Trading (GM&T) заключила контракт на закупку до 2,9 млн тонн СПГ с проекта "Ямал СПГ". Поставки по долгосрочным контрактам с "Ямал СПГ" начнут со II квартала 2018 г. Первоначально СПГ по контракту должен был поставляться со Штокманского месторождения в Баренцевом море, однако, впоследствии, работы на нем были заморожены.

Достижение нового соглашения с «Газпром» имеет для Индии помимо экономического ещё и политическое значение. В настоящее время страна ведёт переговоры о пересмотре контрактов с рядом крупных мировых энергетических концернов. И успешный опыт переговоров с российской компанией может стать дополнительным аргументом индийской стороны.

Проекты ОАО «НК «РОСНЕФТЬ», ПАО «ГАЗПРОМ» И ОАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ» В Бразилии

Латинская Америка остается одним из немногих регионов, где еще возможно открытие крупных запасов углеводородов на суше. При этом именно Бразилия является одной из перспективных стран с точки зрения развития добычи нефти и газа. Это государство остается одним из лидеров по росту добычи углеводородов за пределами стран ОПЕК, а активное увеличение объемов добычи и открытие крупных шельфовых месторождений, по оценкам экспертов, могут превратить Бразилию в одного из крупнейших производителей нефти на планете.

В 2014 году «Роснефть» и Petrobras подписали Меморандум о намерениях, который предусматривает детальную проработку опций монетизации газа в бассейне Солимоинс, создание рабочей группы и подготовку «дорожной карты» для проведения исследований. Проект включает более 15 лицензионных участков на площади около 41 500 кв. км в бассейне реки Солимоинс, притока в верхнем течении реки Амазонка.

Дочерняя компания «Роснефти» Rosneft Brasil и PetroRio заключила сделку, в результате которой Rosneft Brasil получила 55% акционерного капитала в проекте «Солимоинс». В результате Rosneft Brasil получила контроль над 100% акций и статус оператора проекта по разработке углеводородов в бассейне Солимоинс. Сделка была закрыта после получения одобрения от Национального агентства нефти, природного газа и биотоплива Бразилии. Приобретение доли в 55% в проекте позволило Rosneft Brasil продолжить вести геологоразведочные работы для поиска перспективных залежей нефти и

продвинуться в реализации совместного проекта с Petrobras. Сделка позволяет «Роснефти» укрепить свои позиции в этом стратегически важном регионе, кроме того, проект позволяет получить синергетический эффект с венесуэльскими проектами «Роснефти». Предполагается, что после того, как в Бразилии будут проведены необходимые геологоразведочные работы, наработки компании «Роснефть» в вопросах освоения шельфа будут использованы в полной мере.

В настоящее время плацдармом для энергетической экспансии компании ПАО «Газпром» на нефтегазовый рынок Латинской Америки является Боливия (разведка и добыча углеводородов на участках «Ипати» (Ipati) и «Акио» (Aquio), в пределах которых открыто месторождение «Инкауаси» (Incahuasi). В Бразилии нефтегазовый гигант проводит переговоры с бразильскими компаниями на тему сотрудничества. В частности, представители компании «Газпром» обсуждают возможное строительство в южноамериканской стране подземных хранилищ газа. Кроме того, ведутся переговоры о передачи технологий технологического центра ВНИИГАЗ относительно повышения отдачи производства нефти, увеличения производства нефти и газа на месторождениях с падающей добычей, производство сжиженного природного газа на стыке газопроводов высокого давления и низкого давления. Последняя может быть особенно интересна Бразилии, так как в этой стране есть города, удаленные от газотранспортной системы, однако нуждающиеся в газе.

В 1976-79 гг. «Энергомашэкспорт», входящий в состав концерна «Силловые машины», выполнил первые поставки турбин, генераторов и другого оборудования общей мощностью 1720 МВт для бразильских ГЭС «Капивара» и «Собрадиньо».

Возвращение на бразильский энергетический рынок состоялось в 2002 – 2004 годах., когда был реализован проект поставки оборудования на ГЭС «Порто Гозш». Проект реализовался совместно с инжиниринговой компанией «Энерг Пауэр» (Energy Power, Бразилия) – стратегическим партнером «Силловых машин» на энергетическом рынке Бразилии. ГЭС «Порто Гозш» расположена недалеко от города Сан-Паулу, промышленного и делового центра Бразилии. Расширение станции и увеличение генерирующих мощностей было обусловлено возрастающими потребностями в обеспечении электроэнергией города и штата Сан Паулу. Участие в строительстве бразильской гидроэлектростанции – продолжение успешной деятельности «Силловых машин» на латиноамериканском энергетическом рынке. Также совместно с компанией Energy Power был реализован проект строительства крупнейшей в Мексике ГЭС «Эль Кахон», ГЭС «Кильеко» и ГЭС «Ла Игейра» в Чили.

В составе международного консорциума «Центр-Запад» ОАО «Силловые машины» и бразильская компания «Энергетика Корумба-3» заключили контракт на строительство «под ключ» ГЭС «Корумба-3» в Бразилии. «Силловые машины» осуществляли проектирование, изготовление, поставку и шефмонтаж двух турбин и генераторов. Общая цена контракта на строительство ГЭС «Корумба-3» составляла 60 млн долларов США, при этом доля концерна "Силловые машины" составила 10 млн долларов. Позднее, в 2008 году, ОАО "Силловые машины" заключили контракт стоимостью более 7 млн евро с государственной энергетической компанией Бразилии «Элетросул» (Eletrosul SA) на изготовление и поставку запасных частей для двух изготовленных ранее гидрогенераторов, входящих в состав гидроагрегатов строящейся в Бразилии ГЭС «Сан Жоан». В 2015 году ОАО «Силловые машины» в целях укрепления присутствия в странах Латинской Америки приобрело 51% акций компании Fezer S/A Indústrias Mecânicas (Бразилия) для выпуска гидротурбин. Только в Бразилии до конца 2021 г. планируется ввести около 30 ГВт новых мощностей, включая обновление парка уже имеющихся ГЭС.

В планах ОАО «Силловые машины» локализовать производство гидротурбинного оборудования в Бразилии, наладить его сборку и продажу в регионе, а также управление проектами и сервисным обслуживанием оборудования для ГЭС. В 2017 году дочерняя компания Power Machines Fezer (бывшая Fezer S/A Indústrias Mecânicas) и компания NISHI

Electromecânica (Бразилия) заключили контракт на модернизацию и ремонт гидротурбины ГЭС «Абранжо» мощностью 2 МВт. В настоящее время в Латиноамериканском регионе работают пять представительств ОАО «Силовые машины»: в Бразилии, Колумбии, Мексике, Чили и Аргентине.

Освоение месторождения Либра

Вхождение Китая в Бразильскую нефтяную отрасль началось в 2009 году через контракты «нефть в обмен на финансирование», подписанные в 2009 г между Petrobras, CNPC и Sinopec. В 2013 году китайские компании приняли участие в аукционе по разработке на освоение своего крупнейшего шельфового месторождения нефти Libra, расположенного в 200 км к югу от Рио-де-Жанейро. Открытое в 2010 году, оно считается самым перспективным в бассейне Santos: запасы участка оцениваются 8-12 млрд баррелей извлекаемой нефти. По итогам аукциона лицензию на добычу получил консорциум из пяти компаний: Petrobras (оператор с долей 40%), Shell и Total (по 20%), китайские CNPC и SINOOC (по 10%). Достигнуть запланированных объемов добычи планируется к 2024 году. А первая партия нефти в 44 тыс тонн поступила в Китайский порт Далянь и далее на нефтеперерабатывающие заводы уже в мае 2018 года.

После изменения законодательства Бразилии в нефтегазовой индустрии в 2016 году вследствие ряда политических и экономических скандалов (в частности, Petrobras была освобождена от обязанности быть оператором по разработке проектов подсолевого кластера), ожидается увеличение интереса иностранных, в том числе и китайских инвесторов к добыче и переработке углеводородов.

Критерии экономической эффективности, используемые при оценке международных интеграционных проектов

В настоящее время в мировой практике разработан целый ряд показателей оценки международных проектов. Характер взаимосвязей между компаниями становится все более сложным, учитывая возможность кооперации интегрированных структур. Тем не менее, все разработанные методы расчета эффективности можно условно разделить на 2 группы:

Статические (традиционные/простые/ учетные) методы

Основаны на учетных оценках и не учитывающие фактор времени. Денежные потоки, возникающие в разные моменты, рассматриваются как равноценные - не предполагающие использование концепции дисконтирования. К ним относятся: срок (период) окупаемости (PP) и учетная норма прибыли (ARR).

Динамические (дисконтные, дисконтированные, временные) методы

Основаны на дисконтированных оценках и учитывающие фактор времени. Денежные потоки, вызванные реализацией проекта, приводятся к сопоставимому виду с помощью дисконтирования, обеспечивая сопоставимость разновременных проектов. К ним относятся: чистый дисконтированный доход (NPV), индекс доходности (PI), внутренняя норма доходности (IRR), модифицированная внутренняя норма доходности (MIRR), дисконтированный срок окупаемости (DPP).

Для первичного анализа и ранжирования проектов нередко применяются статические методы. При разработке среднесрочных и долгосрочных проектов важно учитывать изменения стоимости финансовых средств во времени, поэтому использование динамических методов представляется наиболее **целесообразным**. Возрастание роли интеллектуального капитала и ценности партнерских отношений, а также соответствие международным стандартам финансовой отчетности способствовало появлению так называемых «альтернативных» критериев. В их основе лежит концепция добавленной стоимости (value added) или "экономической" прибыли (economic profit). Более того, в альтернативных методах определение итоговых критериев эффективности осуществляется на основе информации, содержащейся в финансовой отчетности организации.

Альтернативные методы

Предложенный консалтинговой компанией Stern Stewart & Co показатель EVA (economic value added) рассчитывается как разница между чистой операционной прибылью после уплаты налогов и альтернативной стоимостью инвестированного капитала.

MVA (Market Value Added - рыночная добавленная стоимость) отражает дисконтированную стоимость всех настоящих и будущих инвестиций. $MVA = \text{Рыночная капитализация (рыночная стоимость акционерного капитала)} + \text{Рыночная стоимость долга} - \text{Совокупный инвестированный капитал (балансовая стоимость)}$.

CFROI (Cash Flow Return on Investment) характеризует денежный поток отдачи на инвестиции. $CFROI = \frac{\text{Скорректированные денежные притоки в текущих ценах}}{\text{Скорректированные денежные оттоки в текущих ценах}}$.

Задание

1. Определить позицию России и российских компаний в международных соглашениях БРИКС.
2. Оценить стратегический потенциал реализуемых проектов и действующих международных соглашений в области энергетического развития на платформе БРИКС.
3. Провести сопоставительную (сравнительную) оценку программ стратегического развития и приоритетных направлений в энергетической сфере в странах-партнерах БРИКС.
4. Выделить один из представленных в кейсе Проектов по критерию наибольшего стратегического и инновационного потенциала, формирования новых перспектив энергоэффективных и экологических решений, возможностей развития территорий, растущего представительства российских компаний, опираясь на инфраструктурные и институциональные решения в зоне развития проекта.
5. Сформулировать пакет целевых показателей Проекта.
6. Дать оценку рисков реализации Проекта.
7. Рассчитать показатели экономической эффективности Проекта.

3.3 ЛМС2018 АР «Опорные зоны Российской Арктики»

Задачи освоения Арктики

Семь государств окружают Северный Ледовитый океан: Россия, США, Канада, Исландия, Швеция, Норвегия, Дания. Три из них: Россия, США и Норвегия – претендуют на мировое лидерство в сфере арктической деятельности. С 2010 г. арктическая деятельность стала самостоятельным направлением стратегического планирования и государственной политики. Получила нормативное и практическое оформление в рамках Арктического совета (АС). Реализация геополитических интересов в Арктическом регионе, с использованием для этого научных исследований и инфраструктуры, является основным положением национальных стратегий освоения Арктики. Стратегии США, Канады, Исландии, Швеции, Норвегии, Финляндии, Дании идентичны в части позиционирования геополитики, оценки глобального значения климатических изменений в регионе, идентичны в оценке потенциальной роли сосредоточенных в нём ресурсов для мировой экономики и идентичны в части сотрудничества в рамках АС.

Россия имеет свою суверенную национальную стратегию и программу исследований в Арктике, у России свои приоритетные задачи и свой национальный мега-проект освоения Арктики.

Цель проекта развития Арктической зоны России до 2020 г. - на основе инновационной модернизации экономики и устойчивого экономического роста обеспечить национальную безопасность в акватории и на суше макрорегиона, а также личную безопасность населения, укрепить роль и место Арктики в экономике России. Достижение цели обеспечивается решением стратегических задач:

1. Обеспечение фундаментальных и прикладных научных исследований, накопление знаний, создание современных систем управления арктическими территориями, обеспечение надёжного функционирования систем жизнеобеспечения и производственной деятельности. Резко актуализируется задача разработки и внедрения новых технологий и видов техники, новых материалов для эффективного освоения ресурсов в морской акватории и на суше Арктики. Необходимо внедрить новые энерго- и ресурсосберегающие технологии и технические решения;

2. обеспечение динамичного экономического роста и диверсификации экономической деятельности, выполнение масштабных исследовательских геолого-геофизических, гидрометеорологических, гидрографических и картографических работ на шельфе, суше и архипелаге Шпицберген, создание системы комплексной безопасности для защиты населения от угроз чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, реализация мероприятий по энергетической безопасности сёл и посёлков Арктики;

3. формирование нормативной правовой системы, обеспечивающей привлекательность арктических территорий для хозяйственной деятельности и проживания; внедрение инновационных партнёрских форм управления;

4. улучшение человеческого капитала АЗРФ в результате модернизации целевых образовательных программ подготовки специалистов в системе высшего и среднего специального образования; стимулирование рождаемости, обеспечение доступности и качества медицинского обслуживания для всех групп населения;

5. вовлечение в товарный оборот ресурсной базы АЗРФ в интересах обеспечения потребностей страны и мировых рынков в углеводородных, водных биологических ресурсах, стратегическом минеральном сырье на основе устойчивого и рационального природопользования;

6. реализация мер по возрождению Северного морского пути (СМП) и коммерциализация вновь созданного транспортного коридора за счёт государственной поддержки строительства судов ледокольного, аварийно-спасательного и вспомогательного флотов, реконструкции береговой инфраструктуры, навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения, объектов арктического

сервиса; создание в Арктике объектов коммерческой инновационной инфраструктуры – интеллектуальных территорий, технопарков, бизнес-инкубаторов и т. д.;

7. сохранение окружающей природной среды Арктики в интересах нынешних и будущих поколений в результате установления особых режимов неистощительного /устойчивого природопользования, расширения сети особо охраняемых природных территорий;

8. повышение экономической отдачи от многостороннего международного сотрудничества России с другими полярными странами, совершенствование действующих законов, инициативная разработка новых международных договоров и соглашений.

Опорные зоны Российской Арктики

Ямало-Ненецкий Автономный Округ (ЯНАО) - субъект Российской Федерации, входящий в состав Тюменской области. Находится в Уральском федеральном округе. Административный центр – г.Салехард. Граничит с Ненецким автономным округом на северо-западе, Республикой Коми на западе, Ханты-Мансийским Автономным Округом – Югрой на юге, Красноярским краем на востоке, с севера омывается Карским морем. Является Ямало-Ненецкой опорной зоной Программы развития Российской Арктики. Регион относится к районам Крайнего Севера, и более половины его территории расположено за Полярным кругом. Полная площадь региона составляет 769 250 км².

Рельеф на территории региона равнинный, состоящий из тайги на юге и тундры на севере с множеством озёр, болот, рек, подземных вод и горной части. На территории округа расположено около 300 тыс. озёр и 48 тыс. рек, самыми крупными из которых являются Обь и реки Надым, Таз и Пур. На западе региона расположен горный массив, который простирается на 200 км, достигая высоты до 1500 м.

Численность населения в регионе в 2017 г. составила 536 049 чел., в т.ч. городское население - 83% (448 822 чел.). Демографическая ситуация характеризуется устойчивым естественным приростом населения.

Климат в регионе определяется наличием многолетней мерзлоты, близостью холодного Карского моря, обилием заливов, рек, болот и озёр. Для региона характерна длительная зима (до 8 месяцев), короткое лето (до 100 дней), сильные ветры, небольшая величина снежного покрова, частые метели, малое количество осадков, сильные туманы. Наблюдаются частые магнитные бури, сопровождаемые полярным сиянием.

Регион расположен в области умеренного резко континентального климатического пояса, граничащего с субарктическим климатом. Отметка среднегодовой температуры воздуха колеблется в пределах –4,7°С, среднегодовые показатели влажности равны 70%. Зима в регионе длится около 284 дня в году. Самые низкие температуры приходятся на январь и февраль –21°С и –19°С соответственно. Зимой также температура часто опускается ниже –30°С, и даже –45 °С. Самый тёплый период приходится на июль со среднемесячной температурой в +17°С. Климатическое лето в регионе длится до 40 дней, в это время может стоять удушающая жара с температурой более +30°С.

Ямало-Ненецкая опорная зона находится на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (север Тюменской области). На территории опорной зоны присутствует централизованное электроснабжение (синхронно с ЕЭС России). На севере региона централизованное электроснабжение отсутствует. Основными потребителями электроэнергии на территории опорной зоны, являются объекты газо-химической промышленности ПАО «Газпром» (www.gazprom.ru) и ПАО «Новатэк» (www.novatek.ru), потребляющие более 70% электрической энергии, вырабатываемой электростанциями региона.

На территории опорной зоны находятся крупнейшие в России месторождения природного газа и конденсата, поставка которых осуществляется в регионы России, в страны Восточной и Западной Европы и в другие страны мира.

Население опорной зоны (ЯНАО) составляет более 538 тыс.чел.

Суммарная установленная мощность электростанций региона составляет 1719 МВт., функционируют 2 крупные электростанции: Уренгойская ГРЭС и Ноябрьская ПГЭ (итого 859 МВт) - работают синхронно с ЕЭС России. Малые электростанции суммарной мощностью 860 МВт работают технологически изолированно от ЕЭС России. Основным топливом для электростанций является природный газ. Потребление электроэнергии на территории опорной зоны (ЯНАО) составляет более 11 млрд.кВт·ч в год, максимум потребления мощности – более 1600 МВт.

В состав электросетевого комплекса опорной зоны входят 5 ВЛ 500 кВ, 27 ВЛ-220 кВ, протяжённостью 3700 км, 3 ПС 500 кВ, и 12 ПС 220 кВ. Линии электропередачи 110 кВ имеют суммарную протяжённость 5250 км. Количество подстанций 110 кВ – 107 шт. С 2017 г. введены в работу ВЛ-220 кВ Надым - Салехард и Уренгойская ГРЭС – Ванкор (Красноярский край).

Крупнейшим оператором генерации на территории региона является АО «ИнтерРАО – Электрогенерация» (www.interra.ru).

Эксплуатацию, обслуживание, ремонт и управление электросетевым комплексом 500 и 220 кВ осуществляет ПАО «ФСК ЕЭС» (www.fsk-ees.ru), электросетевым комплексом 110 кВ и ниже - АО «Тюменьэнерго» (www.te.ru).

Оперативно-диспетчерское управление энергообъектами на территории региона осуществляет Филиал АО «СО ЕЭС» Тюменское РДУ (www.so-ups.ru).



Рисунок 3.3.1 – Транспортная инфраструктура Ямало-Ненецкой опорной зоны

Индустриальное освоение Арктики невозможно без создания на территории северных регионов России надёжного транспортного сообщения. На территории ЯНАО, расположены основные запасы природного газа страны. Используя транспортные сети Ямала, Россия может стать абсолютным и безальтернативным центром поставок энергоносителей и продуктов их переработки для государств всего континента. Губернатор ЯНАО Д.Н.Кобылкин: «Судьба Ямала – быть энергетическим гарантом безопасности государства».

В ближайшие 7 лет нефтегазовые компании, федеральный и окружной бюджеты намерены вложить в развитие транспортной инфраструктуры округа почти 8 трлн.руб. Развитию ж/д, автомобильного, морского и воздушного сообщения в регионе уделяется повышенное внимание, т.к. транспортная инфраструктура ЯНАО гарантирует дальнейшее освоение минерально-сырьевых ресурсов Арктики России.

Попытка построить ж/д магистраль от Архангельска до Таймыра, была предпринята в СССР ещё в 1940-е. Сейчас с запада в ЯНАО заходит ж/д ветка через Республику Коми до г.Лабытнанги, который отделён от столицы округа г.Салехарда рекой Обь, с востока – ветка от Сургута до Нового Уренгоя и Ямбурга с коротким ответвлением до Пангод и Надыма. А между ними - «дыра» размером более 700 км, в которой отсутствует не только железнодорожное, но и круглогодичное автомобильное сообщение. Из 118 населенных пунктов округа 99, в т.ч. Салехард, не имеют постоянной автотранспортной связи. И это при том, что ЯНАО – один из самых богатых российских регионов и один из основных доноров федерального бюджета. С 2010-х годов в ЯНАО серьёзно увеличились объёмы строительных дорожных работ - это необходимо для дальнейшего индустриального освоения Арктики. Транспортная инфраструктура, создающаяся сегодня в ЯНАО, придаст мощное ускорение процессу освоения минерально-сырьевых богатств Арктики и комплексного развития северных территорий России. Ключевым транспортным проектом в ЯНАО является Северный широтный ход.

Таймыр – полуостров, самая северная материковая часть Евразийского континента, расположен между Енисейским заливом Карского моря и Хатангским заливом моря Лаптевых. Крупнейший полуостров России (площадь 400 000 км²). По рельефу делится на три части: Северо-Сибирская низменность, тянущиеся с юго-запада на северо-восток горы Бырранга (до 1125 м) и равнина вдоль побережья Карского моря. Южной границей полуострова считается плато Путорана. На севере расположен выдающийся в море полуостров Челюскин. Таймыр административно входит в состав Красноярского края, образуя в нём Таймырский Долгано-Ненецкий район. Таймырский полуостров располагается в арктической и субарктической зонах, климат на полуострове крайне суровый.

Для Таймыра характерна продолжительная холодная зима с температурами до -62°C и короткое прохладное лето. Частым явлением является пурга, продолжающаяся иногда до нескольких недель. Всегда дуют сильные ветра.

На полуострове преобладают тундровые, глеевые и арктические почвы. Территория Таймыра относится к зоне постоянных многолетнемерзлых грунтов. Средняя температура января -28°C , июля $+2^{\circ}\text{C}$. Наибольшее количество осадков выпадает летом. Летом преобладают северные ветры, зимой - южные.

Ближайший город на полуострове – Талнах (район Норильска) - расположен южнее. Численность населения – более 200 тыс.чел. На полуострове много заброшенных поселений, расположенных преимущественно на западе у берегов Енисейского залива и несколько полярных и метеорологических станций.

На северной части Таймыра характерно почти полное отсутствие лишайниковых малое распространение моховых тундр. В низинах тундры Таймыра покрыты мхом, на которых летом появляются цветковые растения, а кое-где встречаются кусты полярных ивняков. Травяной покров севера Таймыра беден, однако на юге трава произрастает обильно, встречаются хвощи. В южной части Таймырского полуострова растут также тундровые кустарники.

Лесотундра расположена южнее типичной тундры. Древесная растительность на Таймыре заходит далеко на север, как нигде на земном шаре. Долины рек бассейна реки Хатанги поросли лесом из лиственницы, ели и берёзы. Деревья достигают высоты до 20 м и более. Первые попытки освоения Таймыра датируются XVII в., когда русские мореходы сумели обогнуть полуостров, попав в море Лаптевых северным морским путём.

Из-за слабой изученности и труднодоступности Таймыра, разработки полезных ископаемых практически не ведутся, единственным относительно развитым районом является Норильский промышленный район. Потенциально Таймыр богат полезными ископаемыми, металлическими рудами, в первую очередь золотом. По особенностям геологического строения Таймыр сходен с рядом важнейших золоторудных регионов мира. В центральной части полуострова крупные залежи свинца, цинка, серебра и урановых руд.

Среди неметаллических полезных ископаемых разведаны крупные месторождения мусковита. Из топливно-энергетического сырья доказано наличие крупных запасов каменного и бурого угля.

Таймыро-Туруханская опорная зона находится на территории Красноярского края (север), административными границами совпадает с Таймырским Долгано-Ненецким районом. На территории опорной зоны функционирует Таймырская энергосистема, управление которой осуществляет Норильско-Таймырская энергетическая компания (АО «НТЭК», www.oao-ntek.ru), действующая при ПАО «ГМК Норильский никель» (www.nornickel.ru).

АО «НТЭК» обеспечивает электроэнергией, теплом и водой 5 городов, 2 поселка, а также предприятия Норильского промышленного района. Энергосистема технологически изолирована от ЕЭС России, что предъявляет к ней повышенные требования по надёжности и живучести, что особенно важно в условиях Арктического севера (-500С зимой, население территории более 200 тыс.чел.).

Основные потребители АО «НТЭК» (70% нагрузки) – промышленные предприятия г.Дудинка и г.Игарка, п.Светлогорск и п.Снежногорск: Талнахская и Норильская обогатительные фабрики, Надеждинский металлургический завод, Медный завод и Норильский металлургический комбинат. Электрическая нагрузка объектов ОАО «НТЭК» в режиме зимнего максимума составляет до 1400 МВт.

В состав Норильской энергосистемы входят 5 электростанций, в т.ч.: 3 ТЭЦ – Норильские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и 2 ГЭС – Усть-Хантайская и Курейская, обеспечивающие регулирование частоты в энергосистеме. Установленная мощность и выработка электроэнергии на электростанциях Таймырской энергосистемы, соответственно составляют:

1. Норильская ТЭЦ-1 (Руст= 370 МВт, Wгод=1,57 млрд.кВт·ч)
2. Норильская ТЭЦ-2 (Руст= 425 МВт, Wгод=1,88 млрд.кВт·ч)
3. Норильская ТЭЦ-3 (Руст= 440 МВт, Wгод=1,31 млрд.кВт·ч)
4. Курейская ГЭС (Руст= 600 МВт, Wгод=1,57 млрд.кВт·ч)
5. Усть-Хантайская ГЭС (Руст= 441 МВт, Wгод=2,62 млрд.кВт·ч)

Топливом для электростанций Таймырской энергосистемы является природный газ, получаемый с газовых месторождений: Мессояхское (1970 г., трасса 262 км), Пеляткинское (2018 г., трасса 360 км), Северо-Соленинское (1983 г., трасса 320 км) и Южно-Соленинское (1975 г. трасса 300 км).

Установленная мощность электростанций Таймырской энергосистемы с учётом ограничений составляет 2246 МВт, выработка электроэнергии составляет до 9 млрд.кВт·ч в год.



Рисунок 3.3.2 – Транспортная инфраструктура Таймыро-Туруханской опорной зоны

Также в составе Таймырской энергосистемы функционируют 4 системных ПС 220 кВ – Приёмная, Районная, Надежда, и Опорная. Присутствуют 25 ВЛ напряжением 110 и 220 кВ. Электроснабжение на территории других населённых пунктов опорной зоны осуществляется от источников малой генерации, преимущественно от автономных

дизельных электростанций. Отпуск тепловой энергии ТЭЦ вместе с пиковыми котельными составляет 13 525 000 Гкал. в год.

Одной из самых острых проблем для полуострова Таймыр и Норильского промышленного района, помимо климата и трудовых ресурсов, является транспортная проблема. Таймыр практически изолирован от территории страны.

Горнодобывающие центры в Норильском промышленном районе изолированы от основной сети автомобильных и железнодорожных дорог, самым острым вопросом до сих пор является вопрос налаживания регулярной транспортной связи с остальной, материковой частью страны посредством строительства железных дорог. В 1930-х годах транспортное сообщение осуществлялось от Транссибирской железной дороги вниз по р.Енисей, далее по Карскому морю, р.Пясино, оз.Пясино и р.Норильской до пристани Валёк. Таким путём в короткий летний судоходный сезон из Красноярска в строящийся Норильск поступали все необходимые для него грузы с «материка». Для подвоза их с пристани Валёк на промышленную площадку Норильска зимой 1935– 1936 гг. была проложена узкоколейная 13-километровая железная дорога. Так как круговой путь через Пясинскую водную систему был очень неудобным, длинным и неэффективным (реки Пясино и Норильская, оз.Пясино большую часть года были покрыты льдом), в 1936– 1937 гг. была построена другая узкоколейная железная дорога от енисейского порта Дудинка до Норильска длиной 114 км. Навигация по Енисею непродолжительна – осуществляется только в летние месяцы. В этот период осуществляется основной завоз грузов для Норильска и отправка из него на «материк» основной продукции Норильского горно-металлургического комбината.

Строительство и эксплуатация железных дорог на Таймыре и в Норильском промышленном районе, постоянно сопряжены с большими трудностями. Главными среди них являются суровые климатические условия - затяжная зима (снег здесь лежит с конца сентября до начала июня), сильные морозы (до -62°C), сильные ветры, многолетнемёрзлые пучинистые грунты.

Основным мероприятием по доставке грузов в населённые пункты п-ова Таймыр сегодня является «Северный завоз», в рамках которого осуществляется доставка горюче-смазочных и строительных материалов, техники и машин и других грузов. Основные морские порты, которые также являются крупными логистическими центрами и принимают грузы Северного завоза, являются морские порты на р.Енисей: Хатанга, Игарка и Диксон. Эти же порты являются частью инфраструктуры системы сообщения Северного морского пути.

В течение года между материковой частью России и Норильском действует регулярное авиасообщение, обеспечивая жителям Таймыра свободу передвижения. Аэропорт г.Норильск – Алыкель, является аэропортом двойного назначения, на его территории помимо гражданской, дислоцируется военная авиация.

Северный морской путь (СМП, Северный морской коридор) – кратчайший морской путь между Европейской частью России и Дальним Востоком. Законодательством РФ определён как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике».

СМП Проходит по морям Северного Ледовитого океана (Баренцеву, Карскому, Лаптевых, Восточно-Сибирскому, Чукотскому) и частично Тихого океана (Берингову). Административно Северный морской путь на западе ограничен западными входами в новоземельские проливы и меридианом, проходящим на север от мыса Желания, а на востоке, в Беринговом проливе, – параллелью 66°с.ш. и меридианом $168^{\circ}58'37''\text{з.д.}$

Длина Северного морского пути от Карских Ворот до бухты Провидения – около 5600 км. Расстояние от Санкт-Петербурга до Владивостока по Северному морскому пути составляет свыше 14 тыс.км (для сравнения, через Суэцкий канал – свыше 23 тыс.км).

Ключевым моментом освоения Арктики является освоение Северного морского пути (СМП). Преимуществом СМП является его протяженность. По СМП расстояние от

Роттердама до Иокогамы составляет 3900 морских миль, в то время как тот же маршрут с переходом через Суэцкий канал составляет 11 200 морских миль. Сокращение времени прохождения морского транспорта дает значительную экономию топливных ресурсов, а также оптимизацию расходов на оплату фрахта и найме команды. Недостатком СМП является сложная навигация во льдах и повышенные требования к судам. Применение атомного ледокольного флота позволило существенно продлить сроки навигации в Арктике. Начиная с 1970-х годов отечественные ледоколы прокладывали путь кораблям на большей части протяжённости СМП. С этого времени в составе атомного флота России присутствуют ледоколы «Арктика», «50 лет Победы», «Ленин» и др. В 1991 г. СМП был открыт для международного судоходства, однако его использование иностранными судами вызывало затруднения. Прибрежный маршрут из-за большого количества узких проливов и мелководья был недоступен для крупнотоннажных судов. Северный морской путь обслуживает порты Арктики и крупных рек Сибири (ввоз топлива, оборудования, продовольствия; вывоз леса, природных ископаемых).

- **Западный сектор Арктики** – от Мурманска до Дудинки, обслуживается ледоколами Росатомфлота.
- **Восточный сектор Арктики** – от Дудинки до Чукотки, обслуживается ледоколами Дальневосточного морского пароходства.

Россия сегодня продолжает освоение и использование Северного морского пути. Северо-Западный проход не может конкурировать с Северным морским путем. Основными пользователями Северного морского пути в России сегодня являются компании «Норникель», «Газпром», «Лукойл», «Роснефть», «Росшельф»; регионы Красноярский край, Саха – Якутия, Чукотка. Помимо добычи полезных ископаемых по Северному морскому пути идёт Северный завоз для 20 миллионов человек, живущих на территории всего Крайнего Севера.

В настоящее время у России есть шесть действующих атомных ледоколов - «Россия», «Советский Союз», «Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр» и «Вайгач». Ожидают утилизации три атомных ледокола - «Арктика», «Сибирь» и «Россия». Также у России есть единственный в мире атомный лихтеровоз «Севморпуть».

С 2005 г., вследствие таяния льдов Арктики, СМП стал всерьёз привлекать иностранные компании. Так, в 2009 году два коммерческих судна последовали курсом между Европой и Азией через северные воды России. В 2011 году этот путь прошли 34 судна (через Суэцкий канал в год проходит 18 000 судов).

Грузопоток по СМП может увеличиться до 2020 г. до 50 миллионов тонн в год. Судьба СМП в значительной степени зависит от разработки разведанных в его зоне ресурсов полезных ископаемых.

Таблица 3.3.1

Объём перевозок по СМП с учётом транзитных грузов (тыс.тонн)

2006	2011	2013	2014	2015	2016	2017
1956	3111	3930	3982	5392	7265	10691

Перспективными пользователями СМП являются поставщики и потребители ресурсов Штокмановского месторождения нефти и газа, Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, месторождения Приразломное, Северо-онежских бокситов, полиметаллов и марганца на архипелаге Новая Земля, экспортёры СПГ с п-ва Ямал (Южно-Тамбейское ГКМ).

Северный широтный ход (СШХ) – проектируемая железнодорожная магистраль в ЯНАО протяжённостью 707 км по маршруту Обская – Салехард – Надым – Новый Уренгой – Коротчаево, которая должна связать западную и восточную части автономного округа, Северную железную дорогу со Свердловской областью. Проект реализуется совместными силами Правительства России, Правительства ЯНАО, ПАО «Газпром», ПАО «РЖД», АО «Корпорация развития» и других компаний. Координатором строительства выступает Росжелдор. В числе инвесторов СШХ также числятся немецкая компания «Deutsche Bahn

International», чешская компания «OHL ZS», чешские банки и другие зарубежные компании.

Сроки строительства СШХ запланированы на период с 2018 по 2022 г. Прогнозируемый объём грузоперевозок составит 24 млн.тонн (преимущественно газовый конденсат и нефтеналивные грузы). Стоимость проекта оценена в 236 млрд.руб. С 2008 года проект СШХ включён в «Стратегию развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года».



Рисунок 3.3.3 – Северный широтный ход

В феврале 2014 г. подготовлена вся необходимая проектно-сметная документация, в марте 2015 г. утверждён паспорт всего проекта, в котором перечень основных мероприятий дополнен мероприятием по реконструкции железнодорожного участка «Коноша – Чум – Лабытнанги» Северной железной дороги, сформирована грузовая база проекта СШХ. В декабре 2015 г. Правительство ЯНАО отказалось от достройки СШХ в 2016 г. в пользу реализации проекта железной дороги «Бованенково - Сабетта» для проекта «Ямал-СПГ» ПАО «Новатэк».

19 октября 2016 г. ОАО «РЖД» и правительство ЯНАО подписали соглашение о строительстве СШХ. Построены сплошные вторые пути на участке «Тобольск – Сургут – Коротчаево» Свердловской железной дороги, чтобы увеличить скорость движения до будущего СШХ и обеспечить потребности в увеличении пропускной способности магистрали.

Предполагается, что СШХ также разгрузит существующий южный маршрут, выходящий на Транссибирскую магистраль. Возникнут железнодорожные подходы к месторождениям ЯНАО, а в перспективе и севера Красноярского края, вплоть до Дудинки, которая связана изолированной железной дорогой с г.Норильск. СШХ позволит проложить путь к портам Северного морского пути и к порту Сабетта. В ходе осуществления проекта СШХ будет построен совмещённый железнодорожный и автомобильный мост через реку Обь общей протяжённостью около 40 км с подходами (затраты около 60 млрд.руб). СШХ соединит железнодорожным сообщением города Салехард, Надым и Пангоды с центральной частью России. СШХ сократит протяжённость транспортных маршрутов из Западной Сибири в порты Балтийского, Белого, Баренцева и Карского морей. Уменьшение расстояния доставки грузов посредством нового железнодорожного пути для основных грузоотправителей может составить 1000 км. Окупаемость проекта СШХ составит не менее 30 лет.

Фактор высокой стоимости строительства СШХ является главным препятствием при его осуществлении, из-за чего полностью бюджетного решения не найдено. В перспективе до 2030 г. планируется продолжить магистраль СШХ от Коротчаево на восток до Игарки через Южно-Русское НГМ и Ермаково с протяжённостями магистрали:

- Коротчаево – Южно-Русское НГМ – 122 км;
- Южно-Русское НГМ – Игарка – 482 км.

Также в качестве дальней перспективы озвучиваются планы по строительству железной дороги «Игарка – Дудинка». Такую перспективу озвучил Президент России Владимир Путин в мае 2005 года в г. Челябинск во время совещания по вопросам социально-экономического развития УрФО.

Экологическая обстановка на территории опорных зон

Арктика имеет хрупкую экосистему, на которую оказывают негативное влияние природные факторы и деятельность человека. В 1991 г. страны, имеющие территории за Северным полярным кругом, приняли Стратегию по защите природы Арктики. В 1996 г. в г. Оттава (Канада) создан Арктический совет, задачи которого связаны с обеспечением устойчивого развития полярного региона. Экологические проблемы Арктики имеют не только региональное, но и глобальное значение. Действующая природоохранная программа ООН, определила основные экологические проблемы Арктики: загрязнение морей нефтепродуктами, потепление климата, таяние полярных льдов, добыча полезных ископаемых, добыча морепродуктов, изменение среды обитания организмов, сокращение популяций полярных животных, интенсивное судоходство.

Показатели температуры воздуха в Арктике возрастают быстрее, чем в других регионах планеты. Это уже привело к сокращению площади природной зоны, и в дальнейшем она может исчезнуть. Климат теплеет, на карте зона арктических пустынь везде заменяется тундрой. Это грозит вымиранием многих видов флоры и фауны. Жизнь коренного населения в Арктике тоже находится под угрозой, т.к. их быт веками складывался в тесном взаимодействии с животным и растительным миром.

Росгидромет с 1990-х годов отмечает сокращение площади льдов, отмечает также сокращение их толщины в 2 раза. В XXI веке водные пространства Арктики скоро могут совсем освободиться ото льда.

Главные источники загрязнения в Российской Арктике - это добыча полезных ископаемых, транспорт, военные базы и промышленные объекты. В экосистему попадают выбросы и стоки промышленных предприятий и ЖКХ, продукты добычи и переработки углеводородов, тяжелые и цветные металлы, токсические вещества фенол, аммиак, наблюдается выпадение кислотных дождей, разрушающих почву в тундре и жизнедеятельность всех организмов. Также источниками изменения климата в Арктике является браконьерство. Одновременно с таянием льдов сокращается зона распространения многолетнемерзлых грунтов. Арктика и далее будет подвергаться мощному техногенному загрязнению. Возрастет объём работ и на континентальном шельфе, где ведётся добыча и транспортировка нефти, газа, угля и другого природного сырья.

Для защиты природы Российской Арктики созданы природные заповедники, крупнейшие из которых: Кандалакшский, Большой Арктический, Остров Врангеля, Таймырский и др.

Норильск – крупный промышленный центр России и крупнейший в мире производитель никеля. В большом количестве в Норильске производится также золото, серебро, платина, палладий, медь и другие цветные металлы. Из-за выбросов с многочисленных предприятий экология Норильска изменилась в худшую сторону, а город вошел в ТОП-10 самых загрязненных в России и ТОП-100 самых загрязнённых мест в мире.

Из-за сточных выбросов вода во многих водоёмах не пригодна для питья и поменяла свой цвет из-за превышения нормы содержания медного купороса в несколько раз. Леса Норильска представляют собой заросли хвойных морозостойких деревьев. Для Норильских лесов стали нормой «лысые» деревья, хвоя которых разъелась от кислотных дождей.

Город пропитан смогом из-за огромного количества выбросов вредных веществ. Многие эксперты называют Норильск местом экологического бедствия. Один только крупнейший завод Норильска за год выбрасывает в атмосферу столько газов, сколько выбрасывает весь Красноярск за 7 лет. Например, содержание загрязняющих веществ в атмосфере Норильска практически всегда выше предельной нормы в 5 раз. Никель, медь, цинк выбрасываются в атмосферу города целыми тоннами. Норильск регулярно признаётся

самым загрязнённым городом России. Однако в последние 30 лет наблюдается устойчивое снижение количества выбросов.



Приоритетные проекты в Российской Арктике

В соответствии со Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, использование перспективных технологий, модернизация и развитие инфраструктуры арктической транспортной системы, современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, являются одними из ключевых элементов комплексного социально-экономического развития российской Арктики.

Сегодня на территории Арктической зоны уже реализуется более 160 мероприятий и инвестиционных проектов. Их объём составляет порядка 1 трлн.руб. Из них за счёт средств федерального бюджета – около 400 млрд.руб., за счёт средств субъектов – около 21 млрд. руб., за счёт внебюджетных источников – более 580 млрд.руб. Более 90% этих средств приходится на следующие направления:

1. Развитие транспортной инфраструктуры. Реализуется 36 мероприятий с объёмом финансирования 511,7 млрд.руб., или около 50% от общего объёма всех мероприятий.
2. Развитие энергетики. Реализуется 37 мероприятий с общим объёмом финансирования 198 млрд.руб. (порядка 20%).
3. Развитие добывающей и перерабатывающей промышленности. Реализуется 12 мероприятий с общим объёмом финансирования 145 млрд.руб. (более 13%).
4. Поддержка развития судостроения. Реализуются мероприятия на сумму более чем 120 млрд.руб. (11%).

По оценкам Минэкономразвития, порядка 97% от общего объёма финансирования мероприятий, оказывающих влияние на социально-экономическое развитие Арктики, приходится на 4 арктических субъекта: Ямало-Ненецкий автономный округ (23 мероприятия, общий объём финансирования – 418 млрд.руб., более 40%); Мурманская область (72 мероприятия – 411 млрд.руб., 39%); Красноярский край (7 мероприятий – 109 млрд.руб., 10%); Архангельская область (38 мероприятий – 71 млрд.руб., 7%). Таким образом, основные финансовые объёмы сконцентрированы на арктических территориях, входящих в состав Северо-Западного, Уральского и Сибирского федеральных округов. Реализация проектов в Арктической зоне требует создания надёжных инфраструктур: энергетической, транспортной, социальной. Характеризуя текущее состояние ТЭК на территории Арктики, необходимо отметить, что важную роль имеет добыча углеводородов. Суммарные ресурсы углеводородного сырья АЗРФ оценены величиной в 258 млрд.тут. - это 60% всех ресурсов

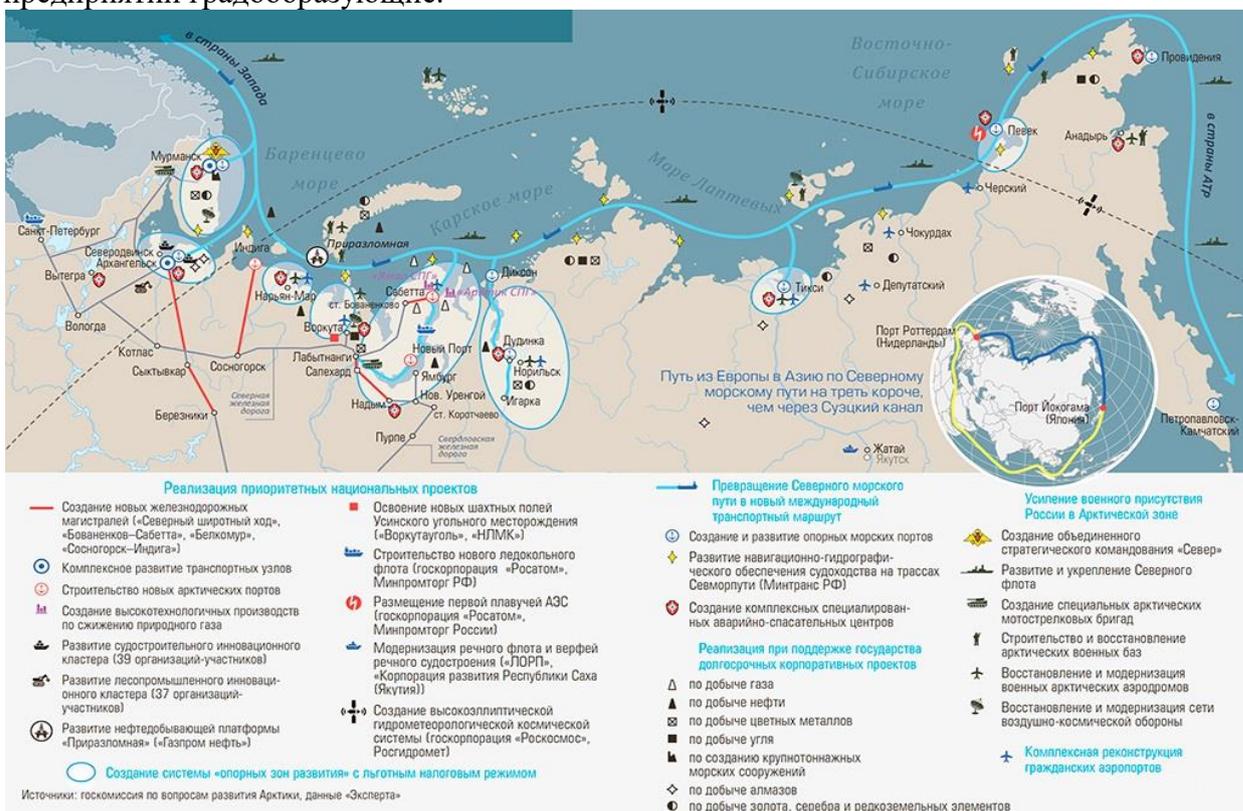
углеводородов России. Незразведанный потенциал Арктической зоны составляет 91% на шельфе и 53% на суше. В составе углеводородов Арктики преобладает газовая составляющая (81%), в том числе на суше 80% и на шельфе 85%.

Подавляющая часть текущих разведанных запасов нефти находится на континенте в пределах Ямало-Ненецкого и Ненецкого автономных округов. Запасы сконцентрированы в пределах Западно-Арктического шельфа в акватории Карского и Баренцева морей. Разработку месторождений ведут прежде всего крупные компании: ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ПАО «Новатэк», их дочерние общества и другие компании.

По прогнозным оценкам, в 2035 г. общероссийская добыча нефти в арктических морях составит до 33 млн.тонн. Для этого планируется ввести в разработку нефтяные месторождения: Лодочное, Сузунское, Русское, Тагульское, Кынско-Часельский участок, Западно-Мессояхское, Восточно-Мессояхское месторождения, в том числе на шельфе Долгинское месторождение; газовое месторождение: Южно-Тамбейское.

Отдельно реализуется важное направление по производству СПГ. Строится завод «Ямал СПГ» с планируемой мощностью – 16,5 млн.тонн. Строится завод «Печора СПГ» с мощностью до 8 млн.тонн и другие.

Добыча угля на территории Арктической зоны ведётся компаниями АО «Воркутауголь», ПАО ГМК «Норильский никель», шахта «Угольная», часть этих предприятий градообразующие.



Развитие энергетической инфраструктуры реализуют ПАО «Россети», АО «РАО Энергетические системы Востока», ГК «Росатом» и другие. Реализуются проекты строительства новых сетевых и генерирующих мощностей, среди которых можно выделить Чаун-Билибинский энергоузел в Якутии - предусмотрено замещения Билибинской АЭС на новую плавучую атомную электростанцию (ПАТЭС) мощностью – 70 МВт.

Для развития магистральных электрических сетей строятся протяжённые линии электропередачи в Республике Саха (Якутия), которые свяжут изолированный Центральный энергорайон с ОЭС Востока, строительство «Кольского транзита» в Мурманской области, строительство трёх новых ПС 220 кВ в ЯНАО для электроснабжения нефтедобывающих предприятий.

Приоритетные проекты в Ямало-Ненецкой опорной зоне

Ямало-Ненецкая опорная зона является основной «точкой роста» в центральной части российской Арктики и мощным источником топливно-энергетических ресурсов России. Ямальские индустриально-транспортные проекты делают Северный морской путь новым перспективным международным транспортным маршрутом между Европой и странами АТР. Ямало-Ненецкий автономный округ по праву занимает лидирующие позиции среди регионов Арктической зоны РФ. По мере дальнейшего разворачивания на Ямале индустриально-транспортных проектов будет усиливаться и роль округа в освоении Арктики.

На Ямале располагается более 20% извлекаемых запасов углеводородов нашей планеты, которые минимум ещё 50 лет будут служить основой развития мировой экономики. Создание новых центров добычи углеводородов сейчас задают основной темп развитию Арктической зоны России, а ЯНАО, где производится более 80% российского газа, по праву носит звание её лидера. Это подтверждается и объемами добычи и уникальностью реализуемых на Ямале индустриально-транспортных проектов.

Согласно федеральной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 г.», в российской Арктике должны быть запущены в работу 147 наиболее значимых для экономики и развития арктических регионов проектов общей стоимостью почти 5 трлн.руб. Почти треть из них – 50 проектов создается на территории ЯНАО. Их совокупная стоимость превышает 2 трлн.руб.

В недрах ЯНАО и примыкающих к нему акваторий сосредоточено более 147 трлн.м³ природного газа и более 16 млрд.тонн нефти. Ямал – основной поставщик углеводородов для России и стран Евросоюза уже более 50 лет. Но за это время газовые богатства округа были освоены на 12%, а нефтяные – на 5%. Поэтому сейчас на Ямале создаются сразу пять новых центров добычи нефти и газа – Бованенковский, Тамбейский, Каменномысский, Новопортовский и Мессояхский. Первые три центра нацелены на добычу газа, два других – на добычу нефти.

Развитие этих проектов упрочит статус Ямала как безальтернативного ресурсного центра страны. Причем это касается не только газа, но и жидких углеводородов. Весной 2018 г. в Новом Порту «Газпромнефть» ввела в эксплуатацию уникальный арктический терминал «Ворота Арктики» для круглогодичной отгрузки нефти, добываемой на этом месторождениях ЯНАО, европейским потребителям. Вскоре Новопортовский добывающий центр будет выведен на плановую добычу 8,5 млн.тонн нефти в год. На востоке ЯНАО «Транснефть» заканчивает работы на магистральном нефтепроводе «Заполярье – Пурпе – Сомотлор» с мощностью перекачки 45 млн.тонн в год, по которому нефть с самых северных месторождений Ямала начнет поступать в единую трубопроводную систему России.

Известно, что некоторые Ямальские месторождения постепенно истощаются, поэтому в рамках Программы функционирования опорных зон Российской Арктики, предусмотрено постепенное смещение центра Ямало-Ненецкой опорной зоны к месторождениям полуостровов Ямал и Гыдан и к акваториям Обской и Тазовской губ. Новый нефтегазохимический кластер привлечет дополнительные инвестиции в регион. Комплексное развитие территории связано в первую очередь с:

1. Освоением гигантского Бованенковского газового месторождения;
2. Строительством железной дороги Обская – Бованенково;
3. Строительством магистрального газопровода Ямал – Ухта – Европа;
4. Строительством стратегически важного завода «Ямал СПГ» по производству сжиженного газа на Южно-Тамбейском месторождении;
5. Строительством транспортного проекта Северного широтного хода;
6. Объектами внутренней инфраструктуры и Северного морского пути;
7. Другими инфраструктурными и энергетическими объектами.

Развитие **Таймыро-Туруханской опорной зоны** планируется на территории Таймырского Долгано-Ненецкого района и моногорода Норильска. Ключевую роль в экономике территории играет Норильский промышленный район, в котором компания «Норникель» производит более 90% российского никеля, более 40% меди и 98% металлов платиновой группы. Добывающие компании интересуются запасами высококачественного угля в крайней западной части полуострова Таймыр, вблизи порта Диксон. Для транспортировки этих ресурсов уже строятся дороги и увеличивается пропускная способность порта: под руководством компании «Восток Уголь» строится угольный терминал «Чайка», полные мощности которого в 2019 году позволят транспортировать до 10 млн тонн угля в год. Компания «Роснефть» ведет подготовку к освоению залежей нефти, на месторождениях Ванкор и Сузун, содержащих высококачественную нефть. Развитие нефтегазовой добычи потребует строительства в регионе новых трубопроводов.

Экономика Ямало-Ненецкой опорной зоны

На территории Ямало-Ненецкой опорной зоны с площадью 769 тыс.км² проживает более 546 тыс.чел, в том числе более 464 тыс.чел. – в городах и более 82 тыс.чел. в сельской местности.

Основой экономики Ямало-Ненецкого автономного округа является добыча нефти и газа. Основным добытчиком газа является ПАО «Газпром» на долю которого приходится примерно 90% всей добычи газа в регионе. Добычу нефти и газового конденсата ведут более 30 предприятий, основными нефтедобывающими предприятиями в округе являются дочерние предприятия ОАО «Газпромнефть», ПАО «НК Роснефть» и ПАО «Новатэк».

С 2010 г. в регионе добывается более 430 млрд.м³ природного газа, 25 млн.тонн нефти, 9 млн.тонн газового конденсата.

В структуре валового регионального продукта (ВРП) региона основными видами экономической деятельности являются:

- добыча полезных ископаемых – 52,2%;
- строительство – 16,3%;
- оптовая и розничная торговля – 7,4%
- транспорт и связь – 6,9%.

В ЯНАО постоянно фиксируется высокий индекс промышленного производства. Его прирост с 2010 по 2017 годы составил более 20%.

В объёме отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг по добыче полезных ископаемых автономный округ занимает 3 место в России и в федеральном округе – 3 место. По обрабатывающим производствам – 50 место в России (5 в УрФО), по производству и распределению электроэнергии, газа и воды – 33 место в России (5 в УрФО). На долю ЯНАО в 2017 г. приходится более 82,6% общероссийской добычи естественного газа и более 7,6% - нефти.

В ЯНАО имеются крупные сельскохозяйственные предприятия, в составе которых оленеводческие – с совокупным поголовьем более 600 тыс. оленей. Также существует развитое рыболовство с объёмом вылова рыбы более 6 тыс.тонн в год., развито звероводство и пушной промысел.

Средняя зарплата в ЯНАО составляет от 50 тыс.руб. в месяц. По данным «РиаРейтинг» в 2017 г. более 23% работающих в ЯНАО имели заработную плату свыше 100 тыс.руб. в месяц. По этому показателю ЯНАО занимает первое место в стране среди всех регионов. Объём произведённого валового регионального продукта в Ямало-Ненецком автономном округе в 2017 году более составил 1,8 трлн.руб. Рост к 2014 году составил 4%, а по отношению к 2010 году (782 млрд. руб.) – 2,3 раза. Для сравнения, ВВП России в 2011 г. составлял 60 трлн.руб, а в 2017 г. ВВП России составил более 88 трлн.руб.

Темп роста ВРП Арктического региона России регулярно показывает положительную динамику и в разные годы он составлял от 2 до 10%, что, с учётом финансово-экономической нестабильности, свидетельствует об устойчивости экономики ЯНАО.

В департаменте экономики Ямало-Ненецкого автономного округа отмечают, что за период с 2010 по 2017 гг. в регионе более чем в 2,2 раза увеличился ВРП на душу населения. Если в 2010 году этот показатель составлял 1,5 млн.руб., то в 2017-м – более 3,5 млн. руб. По объему ВРП, рассчитанному на душу населения, Ямал много лет уверенно лидирует среди регионов Уральского федерального округа и сохраняет второе место среди всех субъектов Российской Федерации.

Будущее развитие экономики ЯНАО связано как с развитием традиционного – топливно-энергетического комплекса, так и с формированием и расширением новых направлений. Это, прежде всего – формирование и развитие транспортной инфраструктуры и расширение перерабатывающих производств. Для этого в регионе создаются все необходимые условия. Так, за пять лет объём инвестиций в основной капитал вырос более чем в два раза, превысив в общей сложности 3 трлн.руб. Значительная доля этих средств вложена именно в транспортные и перерабатывающие проекты. ЯНАО вошёл в число регионов-лидеров по объёму строительных работ на душу населения. Проложено более 200 км новых дорог, построен один из важнейших участков Северного широтного хода – мост через реку Надым. Полным ходом идёт реализация таких проектов, как «Ямал СПГ», нефтепровод «Заполярье – Пурпе», Новоуренгойский газохимический комплекс, формирование новых центров нефтегазодобычи и другие объекты.

Экономика Таймыро-Туруханской опорной зоны

Таймыро-Туруханская опорная зона с площадью территории более 880 000 км² и населением более 200 тыс.чел, расположена преимущественно на п-ове Таймыр, за Северным полярным кругом, входит в состав Красноярского края как муниципальный район с особым статусом.

Важнейшими отраслями экономики в Норильском промышленном районе являются отрасли: горнодобывающая, цветная металлургия, энергетическая, газовая, транспорт, связь, стройиндустрия, торговля, пищевая промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство.

На территории опорной зоны работают более 20 сельскохозяйственных предприятий и 159 фермерских хозяйств, развито оленеводство.

Экономика Таймыро-Туруханской опорной зоны напрямую зависит от градообразующего предприятия г. Норильска – Заполярного филиала АО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», основной продукцией которой являются никель, кобальт, медь, металлы платиновой группы, золото, серебро. Высокая экономическая и финансовая эффективность «Норильского никеля» обеспечивает освоение минерально-сырьевой базы Енисейского Севера, высокие позиции на мировых рынках металлопродукции, и, как следствие, развитие экономики территории. На предприятиях «Норильского никеля» занято более 50% населения города.

Норильский бюджет более чем на 90% зависит от ГМК «Норильский никель». Для экономики опорной зоны экономики крайне важно уметь планировать процессы, отталкиваясь не только от внутренних задач, но и от мировых цен на никель и медь или изменения в сбытовой политике компании.

Компания ПАО «ГМК «Норильский Никель» является эффективной, устойчивой и перспективной компанией, занимает лидирующие позиции в мире по производству цветных металлов. Согласно бухгалтерской отчётности ГМК «Норильский Никель»

(с учётом деятельности всех филиалов компании) за 2017 год, стоимость внеоборотных активов компании составила 667 276 млн.руб., стоимость оборотных активов – 224 485 млн.руб. Итого суммарная стоимость активов, числящихся на балансе компании в 2017 г. составила 891 760 млн.руб.

Выручка компании в 2017 г. составила 455 921 млн.руб. (+7,8% по отношению к 2016 г.). Валовая прибыль – 268 758 млн.руб.(+6,6% по отношению к 2016 г.), прибыль от продаж

– 232 911 млн.руб. (+7,2% по отношению к 2016 г.). Чистая прибыль компании в 2017 г. составила 130 039 млн.руб. (+5,9% к 2016 году).

Перспективное развитие экономики Таймыро-Туруханской опорной зоны предполагается на территории Таймырского, Туруханского районов Красноярского края и Норильска. С учётом того, что на территории зоны уже действует горно-металлургическая компания «Норильский никель», которая производит более 90% российского никеля, более 40% меди, 98% металлов платиновой группы, именно она и станет основным центром инфраструктурного и экономического развития опорной зоны. В период с 2017 г. компания регулярно планирует и реализует проекты по расширению рудной базы.

Кроме того, развитие Норильского металлургического центра может быть поддержано за счёт освоения месторождений металлов платиновой группы «Черногорск» и «Норильск-1» (южная часть) с участием компании «Русская платина», а также освоением Масловского месторождения.

Также в рамках Таймыро-Туруханской опорной зоны предполагается рост экономики за счёт освоения угольных месторождений с освоением Сырадасайской перспективной площади, строительством открытого карьера, обогатительной фабрики, ТЭЦ и ж/д ветки до посёлка Диксон (компания «Северная звезда»). Управляющая компания «Восток Уголь», имеющая лицензии на освоение каменного угля на участках Таймырского угленосного бассейна, планирует экспортировать его в Западную Европу и АТР. Для этого рассматривается возможность строительства в порту Диксон угольного терминала в районе мыса Чайка с грузооборотом 10 млн тонн угля в год. Планируется создание новых центров добычи углеводородов. В опорной зоне ведут изучение недр структуры компаний «Лукойл» и «Роснефть». Если запасы недр подтвердятся, то экспорт нефти с месторождений опорной зоны к 2026 году может достичь 5 млн.тонн.

Задание

1. Дать характеристику демографической ситуации, обеспеченности региона квалифицированными кадрами по наиболее востребованным в рамках действующих предприятий профессиональным группам, экономического развития региона и динамики валового регионального продукта за предшествующий 3-х летний период. Дать характеристику производственного потенциала, функционирования региональных энергосистем, транспортной инфраструктуры, и других стратегических показателей Ямало-Ненецкой и Таймыро-Туруханской опорных зон Российской Арктики.

2. Используя методы экстраполяции и сопоставительного анализа федеральных и региональных программ развития представить перечень и характеристики целевых показателей стратегического развития интегрируемых опорных зон до 2025 г.

3. Сформировать и визуализировать Дорожную карту развития и взаимной интеграции транспортной и энергетической инфраструктур Ямало-Ненецкой и Таймыро-Туруханской опорных зон Российской Арктики, определить объёмы целесообразной интеграции и предложить в структуре Дорожной карты раздел инновационных мероприятий.

4. Определить сроки и стоимость реализации единого комплекса стратегических и приоритетных мероприятий развития опорных зон, определить источники и объёмы финансирования, основные компании-драйверы развития (инвесторы), механизмы привлечения инвестиций

Ограничения:

1. Ограниченный объём человеческих ресурсов
2. Основная программа развития опорных зон должна быть реализована до 2025 г.
3. Ограниченный объём инвестиций

Источники информации:

1. Сайт Правительства Российской Федерации:
<http://government.ru/rugovclassifier/465/events>

2. Сайт Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа:
<http://правительство.янао.рф>
3. Сайт Правительства Красноярского края: <http://www.krskstate.ru/government>
4. СИПР ЕЭС России на 2017-2023 гг. <https://minenergo.gov.ru/node/8170>
5. СИПР Ямало-Ненецкого Автономного Округа http://www.rek-yamal.ru/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=70&Itemid=88
6. Норильско-Таймырская энергетическая компания <http://www.oao-ntek.ru/>,
https://ru.wikipedia.org/wiki/Норильско-Таймырская_энергетическая_компания

3.4 ЛМС2018 «Перспективы развития энергетики Дальнего Востока и острова Сахалин»

Государственные интересы России на Дальнем Востоке

Дальний Восток России – восточная часть России, к которой относят области бассейнов рек, впадающих в Тихий океан, а также остров Сахалин, Курильские острова, остров Врангеля, Командорские и Шантарские острова. Дальневосточный регион имеет важное геополитическое и геостратегическое значение для России:

- Регион имеет выход к двум океанам: Тихому и Северному Ледовитому, граничит с четырьмя государствами (Китаем, Японией, США, КНДР).

- Регион обладает огромными природными ресурсами, например, около 30% всех угольных запасов страны и гидротехнических ресурсов. Лесные массивы занимают около 30 % общих площадей лесов России. В регионе имеются запасы железных руд, золота, серебра, платины, медных руд, полиметаллических руд. Учитывая высокие темпы развития АТР как в экономической, так и в военной областях, интеграция в регион весьма перспективна для России.

Россия имеет территорию 17 125 400 км² (1-ое место в мире), но при этом население России составляет только 147 млн. чел. (9-е место в мире по населению). В тоже время, недра Сибири и Дальнего Востока России содержат огромные запасы природных ресурсов.

Китайско-российское сотрудничество в регионе выгодно для России: активно реализуются энергетические проекты, в том числе в атомной электроэнергетике, поставках сжиженного газа, строительстве нефте- и газопроводов. Также одним из ключевых экономических партнёров России является Япония, имеющая огромные финансовые, экономические и технологические ресурсы (Япония занимает 3-е место в мире, после Китая, по номинальному значению ВВП, который составляет более 5 трлн.\$), и крайне нуждается в природных ресурсах и новых рынках сбыта для развития своей экономики.

С постепенным угасанием старых индустриальных центров в Европе и на востоке США центр мировой экономической активности может переместиться в АТР, который имеет для всего мира стратегическое значение. Именно здесь разворачивается главная конкурентная борьба компаний. На двадцать одну национальную экономику стран АТЭС, наиболее крупного международного экономического союза, приходится 57% актов международной торговли и 16 трлн.\$ совокупного ВВП. До 2030 г. ожидается рост ВВП в странах АТР до 70%. Крупнейшими импортёрами и экспортёрами высоких технологий являются развивающиеся страны. Экономика этих стран развивается быстрыми темпами и выходит по экономическим показателям на лидирующие позиции в мире. Реализуются крупные проекты в таких отраслях, как тяжёлая промышленность, электроника, биоинженерия, металлургия, транспорт, машиностроение, энергетика. В настоящее время объём производимой в АТР промышленной продукции, в том числе авиакосмического назначения, постоянно увеличивается. Зарубежные корпорации продолжают открывать представительства и размещать мощности в странах, которые считаются низкочувствительными (Low Cost Country). Центр тяжести мировой экономики, сегодня перемещается с Запада на Восток, удельный вес стран Азии (и в первую очередь КНР) в мировом производстве возрастает. Темпы прироста экономических показателей этого наиболее динамично развивающегося региона ежегодно оцениваются в более чем в 5%. Страны региона становятся важнейшими игроками в области энергетической, авиакосмической промышленности, транспорта, туризма и т.д.

Экономика острова Сахалин

Сахалинская область (остров Сахалин и Курильские острова) имеет важное экономическое значение для России и её Дальневосточного экономического района. Основными отраслями специализации региона являются энергетическая, нефтегазовая, рыбная, лесная, горнодобывающая промышленность, машиностроение и металлообработка. Объём валового регионального продукта (ВРП) Сахалинской области в 2012 г. составил 642 млрд. руб., а в 2016-м г. – 768 млрд. руб. По этому показателю регион



занимает 19-е место в России и 1-е место среди регионов Дальнего Востока. По показателю ВРП на душу населения в 2010 г. область находилась на третьем месте после Тюменской области и Москвы. По объёму ВРП Сахалинская область в 2016 г. заняла 24 место среди субъектов России. По ВРП на душу населения за 2016 г. - 4 место по России.

В области ведется активная разработка месторождений и добыча нефти, газа, угля.

За десятилетие с 2001 по 2011 гг. в объёме ВРП области произошли серьёзные изменения, он увеличился почти в 13 раз (больше, чем в любом другом субъекте России). Причиной взрывного роста стала разработка месторождений, катализатором которой послужили огромные иностранные инвестиции из Японии (29% от общего объёма инвестиций), Нидерландов (27%),

Багамских островов (26%), Индии (18%) и других стран, получивших возможность работать на совместных проектах. Экономика области всегда носила и носит ярко выраженный индустриальный характер, в промышленности занято почти 20% работающего населения и создаётся более 60% ВРП. Крупнейшими промышленными центрами области являются города:

Южно-Сахалинск, Холмск, Корсаков и Оха.

Крупные предприятия региона являются: ПАО «Сахалинэнерго»: Южно-Сахалинская ТЭЦ-1, Сахалинская ГРЭС, Охинская ТЭЦ, судоремонтный завод Сахалинремфлот, Роснефть – Сахалинморнефтегаз, Газпром – Сахалин-2 и др. В 2009 г. на Сахалине построен первый в России завод СПГ мощностью 10 млн. тонн в год.

Также Сахалинская область специализируется на добыче и переработке рыбы, производстве продукции лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Сахалинская область является монополистом в России по производству пищевого агар-агара. Из-за трудных погодных условий сельское хозяйство области получило своё развитие, в основном в южных районах.

Транспорт также является одной из важных отраслей экономики области, обеспечивающей экономические связи как внутри островов, так и с материковой частью Дальнего Востока России. Построена автомобильная и железнодорожные инфраструктуры, морские и авиационные порты.

Мост на Сахалин

12 сентября 2018 г. на Восточном экономическом форуме во Владивостоке, из контекста переговоров следовало, что мост на Сахалин, скорее всего, построен не будет, так как для него недостаточно грузов. Главным грузом для перевалки на Сахалине мог бы стать уголь, однако, ни один из грузовладельцев-угольщиков не поддержал идею строительства моста на Сахалин и перевалки грузов через остров.

В тоже время, Президент России Владимир Путин вновь поручил проработать экономические показатели проекта. Президент сказал, что «мост с материка на Сахалин раскрыл бы потенциал портов региона, однако сначала надо просчитать объём перевозок». Развитие Транссиба и БАМа существенно «раскроет наши возможности по перемещению грузов, но это не может быть только один уголь. ... Это давняя мечта тех, кто на Сахалине проживает, в том числе это было бы существенным фактором, закрепляющим население, людей. Можно приехать, уехать в любое время года, в любую погоду, всё понятно. Это привело бы и к развитию севера Хабаровского края, потому что нужно делать подходы», - сказал российский лидер. «Хочется очень помочь, надо посмотреть экономику». В августе 2018 г. гендиректор РЖД Олег Белозеров написал министру транспорта Евгению Дитриху, что грузовая база для моста на Сахалин сейчас оценена в 8,5 млн. тонн, а с планируемым строительством нового глубоководного порта – в 47 млн. тонн. Однако, в одном из правительственных документов, сказано, что окупаемость проекта не достигается без денег федерального бюджета, а в другом – что если их выделить, возникает риск необоснованной траты средств.

24 сентября 2018 г. министр транспорта РФ Евгений Дитрих заявил, что мост на Сахалин включён в план развития магистральной инфраструктуры России. Однако, «... на сахалинский мост пока нет бюджета, он уточняется». Министр экономического развития Максим Орешкин рассказал, что в представленном в правительство плане не обозначена инвестиционная программа ПАО «РЖД» и некоторые объекты, которые будут реализовывать за её счет».

В августе 2018 г. Минэкономразвития направило в правительство план по развитию инфраструктуры, включающий 690 объектов. На его выполнение потребуется 6,8 трлн. руб. за шесть лет. Тогда в плане МЭР не было проекта возведения моста на Сахалин.

Энергосистема острова Сахалин

Энергосистема Сахалинской области является изолированной от ОЭС Востока, вся производимая электроэнергия потребляется внутри острова. Важнейшими промышленными отраслями специализации области являются: рыбная, лесная, добыча нефти и газа, угольная. Функционируют предприятия по производству стройматериалов и легкой промышленности. ПАО «Сахалинэнерго» является основным энергоснабжающим предприятием и гарантирующим поставщиком на Сахалине и обеспечивает централизованное электроснабжение Центрального энергорайона и 17 из 21 муниципальных образований Сахалинской области. Электроэнергетика Сахалинской области является базовой отраслью её экономики. Энергосистема Сахалинской области делится на Центральный и Северный энергорайоны.

В энергосистеме Сахалина работают более 20 крупных и малых электростанций. При этом основными источниками электроэнергии на Сахалине являются: Южно-Сахалинская ТЭЦ-1 (455 МВт), Сахалинская ГРЭС (84 МВт) и Ногликская ГТЭС (48 МВт), Охинская ТЭЦ (99 МВт).

В энергосистеме Сахалина отсутствуют крупные промышленные потребители энергии, нагрузка носит в основном коммунально-бытовой характер. Самая большая доля потребления по области приходится на южные районы острова: муниципальное образование г. Южно-Сахалинск, г. Корсаков и г. Холмск.

В целом, по итогам функционирования в 2017 г. при потреблении электроэнергии в энергосистеме Сахалина около 2,5 млрд.кВт·ч, население потребило 809 млн. кВт·ч электроэнергии (33%), промышленный сектор потребило 711 млн. кВт·ч (29%), транспорт,

связь, строительство потребило 592 млн. кВт·ч (24%), сельское хозяйство 58 млн. кВт·ч (3%), потери электроэнергии в энергосистеме острова составили 288 млн. кВт·ч (12%).



Наибольшая концентрация потребителей электроэнергии и мощности сосредоточена преимущественно в южной части о. Сахалин. С нагрузкой в Центральном энергорайоне (г. Южно-Сахалинск) более 400 МВт и в Северном энергорайоне (г. Оха) с нагрузкой более 30 МВт.

Наиболее крупными потребителями электроэнергии являются: ОАО «Сахалинская коммунальная компания», ООО «Сахалинский водоканал», ОАО «Оборонэнергосбыт», филиал ФГУП «РПС «Сахалинский ОРТПЦ»», ПАО «РЖД». Существенный рост потребления электроэнергии наблюдается в секторе коммерции и торговли. С 2000 г. на Сахалине наблюдаются существенные изменения по территориальной структуре электропотребления, что связано с миграционными процессами внутри области. Наблюдается перемещение населения в южную часть острова.

Особенностями технологического функционирования энергосистемы Сахалина являются:

- Изолированность от ОЭС Востока.
- Наличие трёх изолированных энергорайонов (Центральный, Охинской Новиковской).
- Сложные климатические условия. В год фиксируется 200-240 неблагоприятных климатических явлений, ведущих

к ускоренному износу оборудования и дополнительным затратам на его ремонт и восстановление. Регион сейсмически активный.

Также особенностью энергосистемы Сахалина является то, что генерирующие мощности, строящиеся в рамках реализации крупных нефтегазовых проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2», не соединены с единой сетью ПАО «Сахалинэнерго» и используют электроэнергию только для собственных нужд (работают изолированно).

Большая часть оборудования на электростанциях и в электрических сетях энергосистемы Сахалина превысило свой технологический ресурс. Например, эксплуатация Сахалинской ГРЭС на период 2018 - 2022 гг. прогнозируется с высокими рисками технологических нарушений и аварий. По состоянию на 01.01.2017 г. парковый ресурс на Сахалинской ГРЭС продлялся 2 раза. Для замещения неэффективных генерирующих мощностей Сахалинской ГРЭС, в 2018 г. должна быть введена в работу 1-я очередь Сахалинской ГРЭС-2 установленной мощностью 120 МВт. Требуют замены другие станции, чей технологический ресурс превышен в 2 раза.

Дальнейшее развитие генерации связано со строительством Сахалинской ГРЭС-2 (180 МВт), ввод в работу которой позволит заместить Сахалинскую ГРЭС и повысить надёжность электроснабжения потребителей Центрального энергорайона. Также мероприятиями по ликвидации существующих узких мест является модернизация и обновление морально и физически устаревшего оборудования, которая также позволит снизить удельные расходы топлива на станциях.

Перспективное развитие энергосистемы Сахалина направлено на обеспечение энергетической безопасности территории и устранение инфраструктурных ограничений. Технологическая изолированность энергосистемы приводит к необходимости содержания повышенного резерва мощности для обеспечения необходимого уровня надёжности электроснабжения потребителей, что является одной из причин более высокой стоимости

электроэнергии на острове. Основными задачами развития электроэнергетики Сахалинской области на период 2018 - 2022 годы являются:

1. Строительство и реконструкция существующих и новых объектов генерации, в том числе на Курильских островах.
2. Реконструкция существующих морально и физически устаревших электросетевых объектов.
3. Возможное перспективное присоединение к ОЭС Востока на параллельную работу.

По итогам технологического функционирования в 2017 календарном году при численности населения 487 344 чел. на острове, потребление электроэнергии составило 2 459 млн. кВт·ч, максимум потребления мощности составил 463 МВт при установленной мощности электростанций 744 МВт. Отчётные параметры технологического функционирования энергосистемы Сахалина являются относительно стабильными и фактически не меняются с 2000 года.

Объединённая энергетическая система Востока (ОЭС Востока) располагается на территории Дальневосточного Федерального округа (ДФО) и четырёх субъектов Российской Федерации: Амурской области, Приморского и Хабаровского краёв, Еврейской автономной области, а также южной части республики Саха (Якутия). В её состав входят три региональные энергосистемы: Амурская, Приморская, Хабаровская (Хабаровская энергосистема объединяет Хабаровский край и Еврейскую автономную область).

Режимом работы ОЭС Востока управляет филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока. Оперативно-диспетчерское управление энергосистемами субъектов Российской Федерации, входящими в состав объединения, осуществляют три филиала АО «СО ЕЭС» региональных диспетчерских управления: Амурское, Приморское и Хабаровское РДУ. В рамках подготовки к осуществлению оперативно-диспетчерского управления энергосистемой Республики Саха (Якутия) в составе Западного и Центрального энергорайонов и организации присоединения этих энергорайонов ко 2-й синхронной зоне ЕЭС России - ОЭС Востока 01 февраля 2016 года на базе Представительства АО «СО ЕЭС» в республике Саха (Якутия) создано Якутское РДУ.

Объединённую энергосистему Востока образуют 20 электростанций мощностью 5 МВт и выше, электрические подстанции класса напряжения 110–500 кВ общей мощностью 33,9 млн. кВА и линии электропередачи 110–500 кВ общей протяженностью 25 203,8 км. Суммарная установленная мощность электростанций ОЭС Востока по данным на 01.01.2018 г. Составляет 9 501,5 МВт (без учёта работающего изолированно Николаевского энергорайона и других электростанций).

По отчётным данным, выработка электроэнергии электростанциями ОЭС Востока за 2017 год составила 36 854 млн. кВт·ч, что выше уровня 2016 года на +0,1%. Потребление электроэнергии в 2017 году в ОЭС Востока на +0,2% превысило уровень 2016 года и составило 33 237 млн. кВт·ч. По территориально-технологическим причинам энергосистемы пяти субъектов Российской Федерации, находящихся в регионе, работают изолированно от ЕЭС России. В их числе: республика Саха (Якутия), Камчатский край, Сахалинская область, Магаданская область и Чукотский автономный округ.

ОЭС Востока связана с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи 220 кВ и граничит с энергосистемой Китая. В структуре генерирующих мощностей преобладают тепловые электростанции (более 60% от установленной мощности), имеющие ограниченный диапазон регулирования. Основные генерирующие источники размещены в северо-западной части ОЭС Востока, а основные районы потребления – на юго-востоке, что обуславливает большую протяженность линий электропередачи. Ещё одной особенностью ОЭС Востока является одна из самых высоких в ЕЭС России долей коммунально-бытовой нагрузки в электропотреблении – порядка 25%.

Объём потребления электрической энергии в ОЭС Востока в 2017 г. составил 33,24 млрд. кВт·ч, что незначительно превышает уровень 2016 года (на +0,18%). К 2024 году

объём спроса на электрическую энергию в ОЭС Востока прогнозируется на уровне 45 млрд. кВт·ч (среднегодовой темп прироста за период 2018-2024 гг. составляет +4,5%) Прогноз спроса на электрическую энергию на период 2018-2024 гг. учитывает изменения в территориальной структуре ОЭС Востока – присоединение к ОЭС Востока изолированных энергорайонов.

Республики Саха (Якутия) – Западного и Центрального, потребление электрической энергии которых составляет до 70% от суммарного потребления по централизованной зоне энергоснабжения Республики Саха (Якутия). Присоединение изолированных энергорайонов определяет высокую динамику показателей спроса на электрическую энергию в период 2018-2019 гг. в ОЭС Востока. Спрос на электрическую энергию по ОЭС Востока без учёта присоединения Центрального и Западного энергорайонов Республики Саха (Якутия) на уровне 2024 года в рассматриваемом варианте оценивается в объёме 40 млрд. кВт·ч со среднегодовым приростом за период 2018-2024 годов +2,5% (по ЕЭС России +1,15%).

Опережающие темпы роста спроса на электрическую энергию в ОЭС Востока в рассматриваемой перспективе определяются экономическим развитием региона. Рост спроса на электрическую энергию связан, прежде всего, с предстоящим развитием промышленных производств с учётом как существующих потребителей, так и реализации новых масштабных проектов – потенциальных резидентов промышленно-производственных зон, в числе которых металлургические производства, нефте- и газоперерабатывающие производства, судостроительные верфи, горно-металлургическая промышленность, разработка золоторудных, угольных и нефтегазоконденсатных месторождений всего региона. В части развития транспортной инфраструктуры, серьёзную поддержку получают морские порты.

Предложения по развитию электрической сети напряжением 220 кВ и выше на период 2018 – 2024 годов сформированы на основе анализа существующего состояния и прогноза изменений схемно-режимной и режимно-балансовой ситуации в ЕЭС России на перспективу, результатов ранее выполненных работ по развитию ЕЭС России, ОЭС и отдельных территориальных энергосистем, схем выдачи мощности электростанций и схем внешнего электроснабжения потребителей, работ, связанных с обоснованием необходимости сооружения электросетевых объектов, а также на основе рекомендаций и предложений АО «СО ЕЭС» и ПАО «ФСК ЕЭС».

Развитие электрической сети напряжением 220 кВ и выше ЕЭС России и ОЭС Востока в период 2018 – 2024 гг. будет связано с решением задач, направленных на улучшение технической и экономической эффективности функционирования ЕЭС России:

- обеспечение внешнего электроснабжения новых крупных потребителей, а также обеспечение возможности увеличения роста нагрузок существующих потребителей за счёт расширения производственных мощностей и (или) естественного роста нагрузок на перспективу;
- обеспечение надёжности электроснабжения существующих потребителей;
- выдача мощности новых электростанций;
- снятие сетевых ограничений в существующей электрической сети, а также исключение возможности появления «узких» мест из-за изменения структуры сети и строительства новых электростанций;
- развитие межсистемных электрических связей для обеспечения эффективной работы ЕЭС России в целом;
- решение задач, связанных с регулированием напряжения в электрической сети и обеспечением уровней напряжения в допустимых пределах;
- обновление силового оборудования, связанное с физическим и моральным старением основных фондов.

Сооружение новых линий электропередачи 500 кВ в ОЭС Востока связано с необходимостью обеспечения выдачи мощности крупных электростанций, усиления

основной электрической сети. Наиболее значимыми вводами электросетевых объектов 500 кВ в период до 2024 г. являются: Вторая ВЛ 500 кВ Приморская ГРЭС – Хабаровская – для обеспечения надёжности межсистемного транзита мощности между энергосистемами Хабаровского и Приморского краев.

Также в период с 2018 по 2024 гг. намечается сооружение основных электросетевых объектов 220 кВ: Вторая ВЛ 220 кВ Тында – Лопча – Хани – Чара для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей на транзите вдоль БАМа от ПС Тында (ОЭС Востока) до ПС Уоян (ОЭС Сибири); ВЛ 220 кВ Нерюнгринская ГРЭС – Томмот, ПС НПС-23, ПС НПС-26 в Амурской области, ПС НПС-32 в Хабаровском крае – для обеспечения внешнего электроснабжения нефтяной трубопроводной системы «ВСТО»; ВЛ 220 кВ Лесозаводск – Спасск – Дальневосточная – для обеспечения надёжности электроснабжения потребителей юга Приморского края, ВЛ 220 кВ Комсомольская – Советская Гавань – для повышения надёжности электроснабжения Ванинского района и города Советская Гавань.

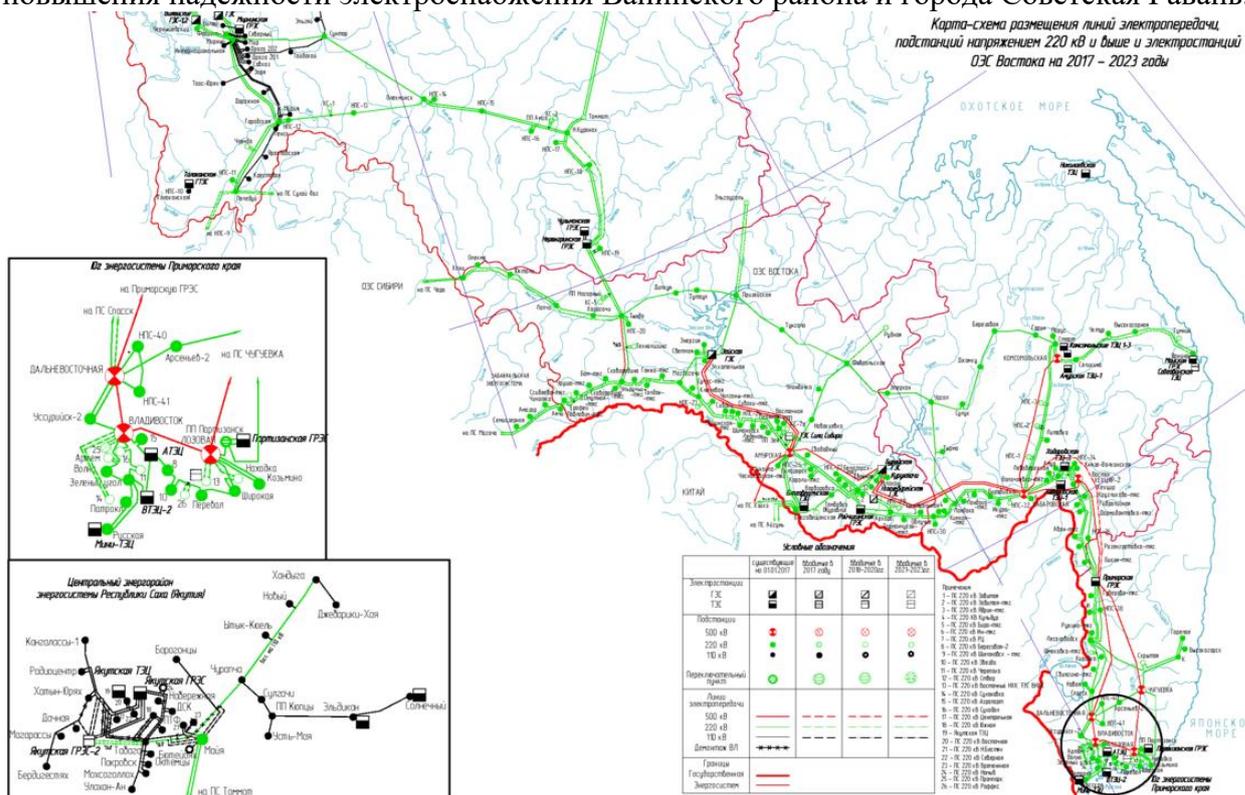


Рисунок 3.4.1 - Карта-схема объединённой энергосистемы востока

Система транспортного сообщения на Дальнем Востоке и на Сахалине

Общий уровень развития транспортной сети в регионе является низким, фактически, только в Приамурье, Приморье и на Сахалине имеется сеть железных и автомобильных дорог. Северные же районы практически не имеют инфраструктуры. Уровень развития транспортной инфраструктуры на Дальнем Востоке является самым низким в России, что затрудняет снабжение, сильно увеличивает транспортные расходы и стоимость продукции.

Сеть дорог с твёрдым покрытием на Дальнем Востоке составляет 5,3 км на 1000 км², в среднем по России - 32 км на 1000 км².

Железнодорожный транспорт на Дальнем Востоке является основным видом магистрального транспорта. На его долю приходится свыше 80% грузооборота и около 40% внутреннего пассажирооборота на территории. Общая протяжённость сети автомобильных дорог - 41,5 тыс. км. Имеется 107 аэродромов гражданской авиации, действуют 28 морских портов. Основные морские порты - Восточный, Находка, Владивосток, Ванино Де-Кастри. Действует паромная переправа Ванино-Холмск.

Дальний Восток имеет самый высокий показатель среди округов России по обеспеченности автомобилями и опережает среднероссийский показатель: на тысячу жителей здесь приходится 329 легковых автомобилей.

В рамках развития транспортной инфраструктуры в регионе предусмотрены:

1. Комплексный проект «Строительство железнодорожной линии материк – о. Сахалин с переходом через пролив Невельского и развитие железнодорожной сети на острове Сахалин.

2. Через Дальний Восток проходит Транссибирская магистраль – величайшая и самая протяжённая железная дорога России, которая постоянно обустроивается.

3. На территории региона построена Байкало-Амурская магистраль – железнодорожная магистраль Восточной Сибири.

4. Заканчивается строительство новой Амуро-Якутской ж/д магистрали от Сковородино до Якутска.

5. По маршруту Чита – Сковородино – Свободный – Биробиджан – Хабаровск проходит федеральная автомобильная дорога Амур.

6. В обсуждении находятся тоннель под Беринговым проливом, Сахалинский тоннель и тоннель Сахалин – Хоккайдо.

Крупнейшие компании-драйверы развития Сахалина

ООО «Восточная горнорудная компания» www.eastmining.ru – крупнейшее угледобывающее предприятие Сахалинской области, обладающее полным циклом по добыче и отгрузке твёрдого топлива.

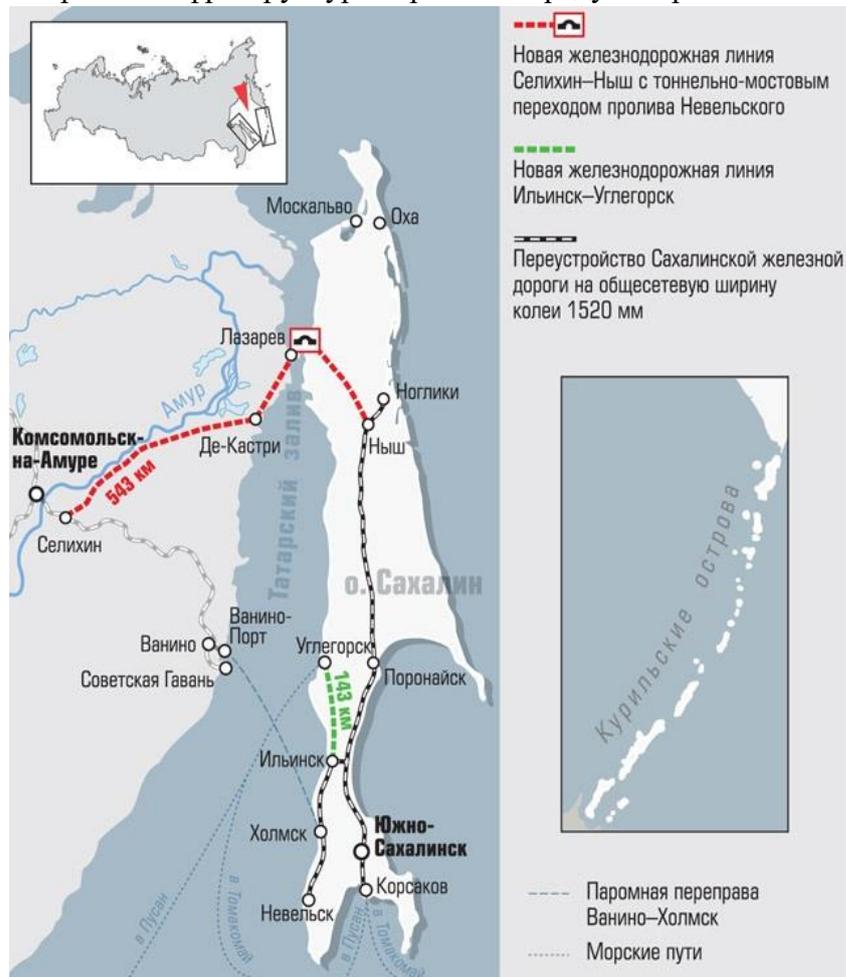
ПАО «Газпром» www.gazprom.ru – геологоразведка, добыча, транспортировка, хранение, переработка и реализация газа, газового конденсата и нефти, реализация газа в качестве моторного топлива, а также производство и сбыт тепло- и электроэнергий.

ООО «Курилгео» www.kurilgeo.ru – геологоразведочные и добыча золота, серебра и цветных металлов в Сахалинской области.

ПАО «Лукойл» www.lukoil.ru – добыча и переработка нефти и газа, нефтепереработка, нефтехимия, сбыт нефтепродуктов, реализация моторного топлива, производство и сбыт тепло- и электроэнергии и др.

ПАО «Преображенская база тралового флота» www.pbtfr.ru – Крупнейшее рыбопромысловое и рыбоперерабатывающее предприятие на Дальнем Востоке. Вылов и экспорт рыбы и морепродуктов, продажа морепродуктов по России и за рубеж.

ПАО «Российские железные дороги» www.rzd.ru – перевозки пассажиров и грузов по железным дорогам. Оператор российской сети железных дорог.



ФГУП «Росморпорт» www.rosmorport.ru – содержание и развитие морской транспортной инфраструктуры, обеспечение безопасности мореплавания.

ПАО «НК Роснефть» www.rosneft.ru – разведка месторождений углеводородов; добыча, переработка и реализация нефти, газа и продуктов переработки.

ОАО «Сахалинское морское пароходство», www.sasco.ru – грузовые, пассажирские перевозки, международные и внутренние грузовые перевозки.

ПАО «Сахалинэнерго» www.sakh.rao-esv.ru – тепло- и электроснабжение населения и промышленности на острове Сахалин.

ПАО «Транснефть» www.transneft.ru – транспортировка нефти и нефтепродуктов по системе магистральных трубопроводов России и СНГ; ремонт трубопроводов

Программа развития Дальневосточного федерального округа

Валовой региональный продукт Сахалинской области формируется в основном за счёт добычи нефти и природного газа (северные районы острова Сахалин), добычи угля, рыбной и пищевой промышленности, индустрии строительных материалов, лесозаготовительной промышленности. На севере острова Сахалин (Охинский и Ногликский районы) с начала 2000 года ведется эксплуатация месторождений нефти шельфовой зоны Охотского моря. На островах Курильской гряды локально развита рыбная промышленность. Экономический потенциал региона локализован в 3 зонах опережающего экономического роста - Южной Сахалинской, Курильской и Северо-Сахалинской. Специализация Южной Сахалинской зоны опережающего экономического роста определяется формированием нефтегазохимического комплекса, биоресурснологистического комплекса, а также освоением угольных месторождений Углегорского района. Кроме того, будет развиваться газификация области, в первую очередь за счёт перевода на газ агрегатов Южно-Сахалинской ТЭЦ-1, что будет иметь важное значение для сохранения экологической среды юга Сахалина. Имеются перспективы развития на юге острова Сахалин газохимических производств и проектов развития генерации на газе. Эффективность комплекса повышается при создании особой экономической зоны портового типа на базе Невельского морского рыбного порта с круглогодичной навигацией и с развитыми железнодорожными и автомобильными подходами. Основу специализации порта составляет биоресурсный комплекс, включающий хранение, транспортировку, переработку продукции и сервисное обслуживание судов. Специализация Курильской зоны связана с формированием биоресурсного и рекреационного комплексов. Организация биоресурсного комплекса «Курильская гряда» предусматривает размещение объектов хозяйственной деятельности на территории островов Парамушир, Итуруп, Кунашир и Шикотан. Являясь важным звеном в системе рыбной промышленности российского Дальнего Востока, Курильские острова имеют большое значение для развития общероссийского и мирового рыболовства.

Сахалинская нефтегазодобывающая зона, будет сконцентрирована по линии городов Оха - Ноглики и временных вахтовых поселков. Шельф Сахалинской области содержит 3,8 млрд. тонн балансовых запасов нефти (7 месторождений), 2,5 млрд. тыс. тонн газа (10 месторождений), которые продолжают разрабатывать.

Продолжение добычи нефти путём реализации действующих и новых проектов вместе со строительством автодороги Южно-Сахалинск - Оха и организацией железнодорожного сообщения Селихин - Ныш приведёт к усилению связей с более населённой южной частью острова и материком и в целом к улучшению условий проживания населения на севере острова Сахалин. Для обеспечения развития области будут реализованы такие проекты развития транспортной инфраструктуры, как строительство железнодорожной линии Ильинск – Углегорск. Для организации транспортного сообщения между угленосным районом и южными портами Сахалина будут выполнены реконструкция автомобильных дорог Южно-Сахалинск - Оха и Огоньки - Невельск, реконструкция морского порта Ильинский, производственные мощности которого обеспечат организацию газохимического комплекса и обслуживание танкеров, газозовов и сухогрузов дедвейтом

свыше 100 тыс. тонн, реконструкция гидротехнических сооружений и объектов морских портов Корсаков и Холмск со строительством угольных терминалов, а также Невельского порта для организации на его базе оптовой рыбной биржи.

Запланирована реконструкция аэропортов Южно-Сахалинск, Зональное, Оха и Менделеево (остров Кунашир), а также строительство аэропорта Итуруп. Развитие зоны нефтегазодобычи потребует строительства нового морского порта в районе пос. Набиль, обеспечивающего безопасную работу терминалов по перевалке опасных грузов и работу шельфовых буровых платформ.

Отдалённость региона и сложность транспортных связей с Дальневосточным регионом затрудняют мобильность жителей и транспортировку грузов. Эта проблема может быть частично решена путём строительства моста или тоннеля, связывающего материковую часть России с островом Сахалин.

Сроки и стоимость строительства энергообъектов

Таблица 3.4.1

Стоимость строительства линий электропередачи и подстанций, включая ПИР, СМР и ПНР

№	Объект	Сроки с момента начала работ по разработке ТЗ до сдачи объекта в эксплуатацию (в месяцах)	Стоимость, млн.руб.*
1.	ВЛ 500 кВ, за 1 км	40-84	12,810
2.	ВЛ 220 кВ, за 1 км	29-64	4,710
3.	ВЛ 110 кВ, за 1 км	30-49	4,210
4.	КЛ 110 кВ, за 1 км	41-72	64,800
5.	Автотрансформатор 500/220 кВ 3×167 МВА	33 / 65-90 **	262,810
6.	Автотрансформатор 220/110 кВ 250 МВА	26 / 41-69 **	119,530
7.	Трансформатор 110 кВ, 40 МВА	26 / 36-46 **	30,970
8.	Ячейка выключателя 500 кВ, 1 шт.	33 / 65-90 **	90,010
9.	Ячейка выключателя 220 кВ, 1 шт.	26 / 41-69 **	45,000
10.	Ячейка выключателя 110 кВ, 1 шт.	26 / 36-46 **	25,200
11.	Ячейка выключателя 110 кВ КРУЭ, 40 кА (Россия)	26 / 36-46 **	39,610

Таблица 3.4.2

Стоимость строительства электростанций (генераторные установки), включая ПИР, СМР и ПНР

№	Объект	Сроки с момента начала работ по разработке ТЗ до сдачи объекта в эксплуатацию (в месяцах)	Стоимость, млн.руб./МВт установленной мощности**
1.	Ветровая ЭС	48-60	80 / 150
2.	Газотурбинная ЭС	24-48	50 / 100
3.	Гидро ЭС	72-120	40-200 / -
4.	Дизельная ЭС	9-24	40 / 90
5.	Солнечная ЭС	36-48	80 / 120
6.	Тепловая ЭС	24-48	50 / 100

Задание

1. Дать характеристику экономики о. Сахалин, перспектив экономического развития региона и динамики валового регионального продукта. Дать характеристику основных отраслей и стратегических проектов о. Сахалин и Николаевского района Хабаровского края, спланировать их развитие на период до 2030 г.

2. Дать описание энергообъектов и энергетических проектов на о. Сахалин: особенности технологического функционирования, отчётные показатели энергосистемы.

3. Составить карту-схему присоединения энергосистемы о. Сахалин и Николаевского района на параллельную работу с ОЭС Востока. Оценить целесообразность

синхронной работы электроэнергетической системы о. Сахалин и Николаевского района с ОЭС Востока.

4. Определить целесообразность строительства моста на о. Сахалин. Составить перечень факторов, влияющих на обоснованность строительства моста на о. Сахалин. Определить возможные сроки и стоимость строительства моста (тоннеля) на о.Сахалин.

3.5 ЛМС2019 ЦТ«Цифровизация Дальнего Востока: проектная готовность, глобальная неизбежность, управляемый риск»

Smart Japan ICT Strategy – государственная программа цифровой трансформации Японии

Реализация положений Smart Japan ICT Strategy является важным шагом для построения Общества 5.0 – ступень, следующая за информационным обществом, – представляет собой оптимизацию ресурсов не одного человека, а социума в целом через интеграцию физического и киберпространства (CPS), а также с использованием искусственного интеллекта (ИИ) и роботизированной техники на основе CPS.

Тем не менее, реализация государственной программы цифровизации встречает ряд серьезных препятствий и проблем. В числе таких обстоятельств:

- Ограниченный интерес общества к активному использованию процедур e-управления;
- Отсутствие доверия и уверенности в цифровых решениях;
- Фрагментированная деловая среда;
- Недостаток подготовленных в области ICT кадров;
- Доступ к капиталу;
- Проблемы с масштабированием решений smart city, высокий уровень урбанизации замедляет внедрение интеллектуальных решений;
- Устаревшая нормативная база
- Медленные темпы внедрения новых ICT-решений;
- Информационная безопасность / Персональные данные

Реализация Smart Japan ICT Strategy и создание Общества 5.0 активно поддерживается крупными игроками промышленного сектора страны. Так, Корпоративная миссия «Мицубиси Электрик», сформулированная задолго до разработки новой стратегии,

о

т

р • Разработка 11 CPS (кибер-физических систем), таких как интеллектуальные транспортные системы (ITS), оптимизированные цепочки энергетической ценности и новые технологические системы.

а • Строительство платформы для реализации стратегии Общество 5.0, предполагающей агрегирование информации о человеческих и товарно-сырьевых ресурсах, транспортных средствах, медицинской информации, данных об экологической ситуации, данных о производстве и потреблении энергии, данных 3D- картографирования, данных спутникового наблюдения, а также систему обмена данными между различными отраслями промышленности.

и

Одна из крупнейших энергетических компаний Японии - Tokyo Electric Power Company (TEPCO) Group – приступила к разработке и внедрению решений промышленного IoT с использованием облачных технологий на платформе Predix на всех ТЭЦ. В качестве первого шага ТЕРСО установит программное обеспечение GE Asset Performance Management (APM) на электростанции Futtsu мощностью 5,040 мегаватт, действующей на СПГ. APM представляет собой программное обеспечение, которое агрегирует информацию из различных источников и использует аналитический инструментарий для преобразования полученных данные в требуемые отчеты. Установка этого сервиса знаменует собой начало цифрового преобразования существующих тепловых электростанций, целью которого является повышение надежности, гибкости управления и оптимизации затрат. В качестве партнера проекта выступает компания GE. Внедрение APM и Predix на площадке ТЕРСО Futtsu позволит улучшить мониторинг и диагностику состояния оборудования, повысить надежность производственных установок, а также возможности BigData.

к

о **Цифровая трансформация объектов топливно-энергетического комплекса Китая**

п

а

н

и

В КНР в марте 2015 г. была представлена национальная стратегия «Интернет Плюс» (в английской версии – Internet Plus). В этой интегрированной стратегии обозначены несколько ключевых направлений цифровизации в связке с другими отраслями промышленности, сельского хозяйства, финансовой сферой и государственными институтами. «Интернет Плюс» означает не разрушение традиционных отраслей, а их трансформацию и модернизацию. В целом, это стратегия призвана способствовать развитию экономики совместного использования интернета и защите окружающей среды путем повышения эффективности и сокращения выбросов.

В поддержку стратегии выступает 13-й пятилетний план КНР(2016-2020гг.). Согласно утвержденному плану китайское правительство поставило амбициозные цели для более широкого распространения волоконно-оптической сетевой инфраструктуры в городах и селах. По оценкам, к 2020 году уровень распространения Интернета в Китае достигнет 70% по сравнению с 50,3% в 2015 году.

Инициатива «Сделано в Китае 2025» призвана на пару с «Интернет Плюс» преобразовать Китай из производственного гиганта в мировую производственную державу, стимулируя инновационное развитие путем интеграции мобильного интернета, облачных вычислений, Big Data и IoT.

В 2018г. появился проект Global Energy Internet. Он основан на идеи подключения умной сети к электросети сверхвысокого напряжения, что позволит поставлять «чистую» энергию по всему миру. Тем не менее, большинство экспериментов в этой области пока что было проведено с помощью интеграции локальных сетей. Например, распределенная локальная сеть GCL и сеть ENN смогли создать региональную умную энергосеть, способную уравнивать энергетические потребности. Предлагаемые проект существенно расширит возможности цифровизации в трех направлениях.

Интерес китайских энергетических компаний к вопросам цифровизации существенно возрос в последнее десятилетие. Так, China National Petroleum Corporation (CNPC) – одна из крупнейших интегрированных нефтегазовых компаний в Китае - после подачи первого патента в 2002 году экспоненциально увеличила свое присутствие в области цифровизации процесса нефтедобычи. Исходя из аналитики полученных патентов, внимание CNPC сосредотачивает на вопросах программного обеспечения и алгоритмов, что свидетельствует о растущем интересе к расширению операций с использованием ИТ.

Говоря об аналитике патентования, стоит отметить, что сразу 4 китайских представителя попали в топ-10 организаций, получивших патенты в области цифровизации нефтегазовой отрасли

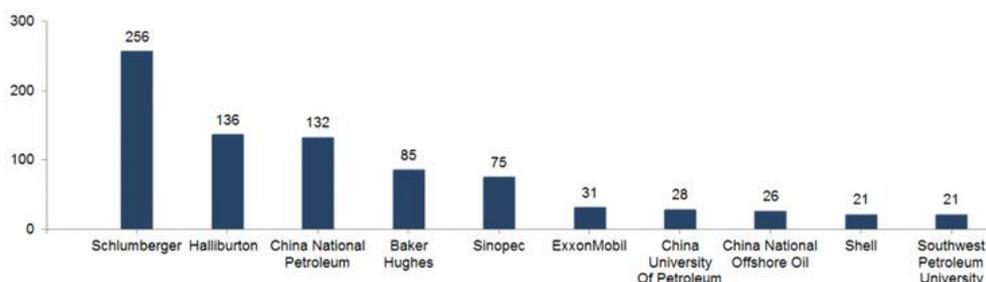


Рисунок 3.5.1 – Количество патентов в области цифровизации нефтегазовой отрасли, 1995 - 2015

Другая крупная энергетическая компания Китая - China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) – приступила к созданию системы управления информацией, которая могла бы поддерживать весь жизненный цикл проектов..

В итоге, был представлен проект «Инженерная цифровая информационная система» (EDIS). Система будет развернута в масштабах всего предприятия для поддержки строительства и управления новыми нефтяными месторождениями. Китайская компания China Huadian Corporation создала одну из первых в мире «умных электростанций». Электростанция Лайчжоу в провинции Шаньдун в Восточном Китае мощностью до 8 × 1000

МВт полностью спроектирована в цифровом формате. На первом этапе были введены в эксплуатацию 2 угольных агрегата USC мощностью 2×1000 МВт с $2 \times 35\,000$ доков.

Государственная программа инновационного развития Южной Кореи и ее цифровые драйверы

Корея обладает одной из ведущих производственных экосистем и ИТ-инфраструктурой, но сталкивается с трудностями при разработке компьютерных программ и других программных решений. Поэтому корейское правительство инициировало проект под названием «Инновации в обрабатывающей промышленности 3.0» с целью создания новых ценностей и достижения конкурентоспособности в производственных секторах путем объединения предприятий и ИТ для ускорения системы интеллектуальных предприятий. Таким образом, ожидается, что это проложит путь реформированию производственного сектора. В продолжение развития этого проекта был представлен план цифровизации основных отраслей Comprehensive Action Plan for Future New Growth & Industrial Engines.

План действий направлен на поддержку процесса цифровизации основных отраслей, предоставляя возможности международных совместных исследований, создания инфраструктуры и экосистемы, объединяющей бизнес-сообщество и научные круги.

Для реализации плана правительство намерено инвестировать около 5,6 трлн вон к 2020 году.

Основными драйверами цифровизации Южной Кореи:

- инфраструктура;
- инвестиции;
- исследования.

Одним из ключевых проектов является создание умного производства (Connected Smart Factory ,CFS). В рамках проекта предусматривается интеграция производственных мощностей (вертикальная интеграция умной производственной системы) и интеграция процессов всего жизненного цикла продукта (внутренняя интеграция). горизонтальная интеграция межфирменных цепочек (межфирменная интеграция), а также использование искусственного интеллекта и роботизация.

При содействии Samsung Electronics проект начал реализовываться в технопарке Gyeong Buk Techno Park.

Перспективы развития российского Дальнего Востока

Дальневосточный ФО занимает 40,6% от площади России, численность населения – 8,22 млн. человек. Дальневосточные территории являются «воротами» России в Тихий океан и граничат с Китаем и КНДР (по суше), Японией и Соединенными Штатами (по морю). Перспективы развития Дальнего Востока во многом связаны с его конкурентными преимуществами перед другими частями России:

- Непосредственная географическая близость к большим рынкам государств Азиатско-Тихоокеанского региона – Китаю, Южной Кореи, Вьетнаму. Экономика данных стран стабильно растет;
- Наличие большого количества природных ресурсов: угля, нефти, газа, железа, цветных металлов, древесины;
- Наличие протяженного морского побережья и внешней границы как возможности для социально-экономического сотрудничества, развитой портовой инфраструктуры, привлекательных туристических активов;
- Близость к крупнейшим мировым рынкам;
- Разнообразие климата. Это предопределяет возможности для успешного использования территории Дальнего Востока в целях сельскохозяйственного освоения.

На пресс-конференции "Дальний Восток: точки роста - 2019", которая проходила 07 февраля 2019 в ТАСС, Юрий Трутнев, полномочный представитель президента Российской Федерации в Дальневосточном федеральном округе, подвел итоги развития в 2018 году:

1. По 2018 году индекс промышленного производства 104,4 %, что в полтора раза выше, чем в среднем по России;
2. Объем накопленных прямых иностранных инвестиций составляет 30 млрд долларов - это 32% от всех прямых иностранных инвестиций, поступивших за последние годы на территорию России;
3. Созданы 27 тысяч рабочих мест - практически половина из которых в 2018 году;
4. Введено в действие 183 предприятия и тоже половина в 2018 году.

За период с января 2017 по июнь 2018 суммарный экспорт ДФО составил 34,4 млрд долл. США. Экспорт товаров ДФО превышает импорт в 4 раза. Основными торговыми партнерами ДФО являются Республика Корея и Китай. Ключевыми проектами на Дальнем Востоке являются:

- Амурский газоперерабатывающий завод. Запасы газа на востоке страны разрабатывает «Газпром». Крупнейшие действующие месторождения на Сахалине обеспечили в 2017 году производство 11,5 млн тонн сжиженного природного газа. «Газпром» поставил на экспорт 3,3 млн тонн сжиженного природного газа, из них 38% поставок пришлось на Японию, 18% – на Китай, 12% – на Тайвань, 8% – на Южную Корею. Существующие газопроводы протяженностью 1,8 тыс. км позволяют транспортировать газ с месторождений Сахалина только в Хабаровский край и на юг Приморья. Строящийся газопровод «Сила Сибири» протяженностью около 3 тыс. км соединит с месторождениями в Якутии и Иркутской области Амурскую область, а также обеспечит возможности поставок газа через реку Амур. Испытания первой очереди газопровода запланированы на 2019 год. Для переработки продукции «Силы Сибири» в Приамурье строится Амурский газоперерабатывающий завод. Он станет крупнейшим в России и вторым по мощности в мире предприятием по переработке газа. Проектная мощность завода – 42 млрд куб. м газа в год. На ГПЗ будет создано шесть технологических линий, в 2021 году будут введены в эксплуатацию две. С запуском предприятия на экспорт в страны АТР пойдут поставки пропана и бутана (до 1,5 млн тонн в год) и гелия (до 60 млн куб. м в год).

- ООО «Берингпромуголь» - Разработка и добыча коксующегося угля на Амаамском месторождении;

- ООО «Сибнефть-Чукотка» - Проект строительства первой на территории Чукотки сети газопровода;

- ООО «Норд Энерго» - Техническое перевооружение объектов энергетики п. Беринговский;

- Алмазодобывающее предприятие Верхне-Мунское в Якутии;

- Горно-обоганительный комплекс «Денисовский»;

- Два агропромышленных комплекса и мини-завод СПГ на Сахалине;

- Два логистических комплекса и завод по производству железобетонных конструкций в Приморье;

- АО «Аэровокзал Южно-Сахалинск» - строительство нового аэровокзального комплекса в аэропорту г. Южно-Сахалинск, строительство гостиницы при аэровокзале;

- АО "Амурский промышленный центр" - Глубокая переработка древесины.

Всего сегодня в стадии проектирования и реализации находится более 1480 проектов.

Дальний Восток обладает существенными конкурентными преимуществами для реализации проектов по нефте- и газопереработке: здесь сконцентрировано 27% запасов газа и 17% запасов нефти в АТР, низки операционные издержки, есть выходы к морским портам, а рядом – крупные рынки АТР, в первую очередь Китай, который ежегодно наращивает импорт углеводородов.

Согласно стратегии развития энергетической отрасли России, к 2035 году добыча газа на Дальнем Востоке вырастет почти в 2,5 раза, до 80 млрд куб. м в год, нефти – на 70%, до 118 млн тонн.

Таким образом, перспективы развития нефтегазовой отрасли во многом связаны со строительством перерабатывающих мощностей на Дальнем Востоке. Это вызвано высоким темпом роста экономик стран АТР и растущим рынком нефтегазохимической продукции.

Территории опережающего развития и реализованные в их рамках энергетические проекты

В Федеральном законе от 29 декабря 2014 года № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации» (вступил в силу 30 марта 2015 года) под территорией опережающего социально-экономического развития (ТОР) понимается часть территории субъекта Российской Федерации, включая закрытое административно-территориальное образование, на которой в соответствии с решением Правительства Российской Федерации установлен особый правовой режим осуществления предпринимательской и иной деятельности в целях формирования благоприятной среды для привлечения инвестиций, обеспечения ускоренного развития экономики и создания комфортных условий для обеспечения жизнедеятельности населения.

Льготы и преференции:

1. Налоговые льготы (налог на прибыль, налог на имущество, налог на землю, единый социальный налог);
2. Административные преференции (привлечение иностранной рабочей силы без учета квот, сокращенные сроки проведения контрольных проверок, готовая инфраструктура, предоставление земельного участка для реализации проекта, режим «одного окна» для инвесторов, возможность применения процедуры свободной таможенной зоны).

Отметим, что Дальний Восток России является лидером по итогам 2017 года по росту прямых инвестиций в экономику округа. Дальний Восток в целом показал рост инвестиций более чем на семнадцать процентов по итогам 2017 года, что составило 117,1 процента (в среднем по России этот показатель составил 104,4 процента). При этом из 17 процентов роста более половины составили инвестиции резидентов территорий опережающего развития и свободного порта, в том числе и иностранные. 26% всех иностранных инвестиций в России приходятся на Дальний Восток.

Территории Опережающего развития на Дальнем Востоке – 18, проекты резидентов – 112, энергетические проекты – 16, привлечено инвестиций – 326,5 млрд. руб.

В рамках ТОР будут реализованы проекты в самых разных областях – от туристических комплексов до нефте- и газохимических заводов. Как правило, резидентами ТОР становятся крупные компании, предлагающие многомиллиардные проекты.

Проект строительства и эксплуатации Сахалинской ГРЭС-2

Сахалинская ГРЭС-2 - один из четырех проектов инвестиционной программы ОАО «РусГидро» по строительству новых энергообъектов на Дальнем Востоке

Проектируемая Сахалинская ГРЭС-2 предназначена для использования в качестве замещающей, взамен выводимого из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования существующей Сахалинской ГРЭС.

Установленная электрическая мощность первой очереди Сахалинской ГРЭС-2 составит 120 МВт, тепловая мощность – 18,2 Гкал/ч. Среднегодовая выработка электроэнергии будет достигать 840 млн кВтч. В соответствии с «Комплексной программой развития электроэнергетики Дальневосточного Федерального округа на период до 2025 года» для замещения мощностей Сахалинской ГРЭС и создания нормативного технологического резерва мощности в изолированной энергосистеме о. Сахалин полная мощность Сахалинской ГРЭС-2 предполагается в объеме 360 МВт.

В качестве топлива для производства электроэнергии будет использоваться бурый уголь Углегорского и Горнозаводского сахалинских месторождений. Вариант использования в качестве источника топлива газа рассматривался, но газ на Сахалине подается по единственному газопроводу, поэтому невозможно обеспечить резервирование

подачи газового топлива. Таким образом, в случае возможных перерывов в поставках газа для Южно-Сахалинской ТЭЦ-1, работающая на угле Сахалинская ГРЭС-2 сможет полностью перекрыть дефицит электроэнергии на острове. К тому же угля на острове чрезвычайно много, а потому ставка на использование твердого топлива оправдана не только с точки зрения экономической безопасности, но и социальной стабильности.

Установка современных электрофильтров за котлами ГРЭС позволит улавливать не менее 99,6% частиц золы, уходящих в дымовую трубу. Значительная высота (150 м) дымовой трубы позволит эффективно рассеивать выбросы, а зола от электрофильтров будет передаваться в пункты сбора (силосы), где будет происходить ее увлажнение и погрузка на автотранспорт.

Проектом предусматривается строительство станции блочного типа для выработки электрической энергии. Первая очередь включает в себя два паровых котла типа SST-PAC-800 фирмы "Siemens AG" комплектно с турбогенератором номинальной мощностью 65 МВт каждый и два энергетических котла типа E-220-13,8-560. Станция будет оснащена автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП). Автоматика самостоятельно будет настраивать параметры работы паротурбинной установки в соответствии с мощностью, которая требуется от нее в данный момент. Такая система будет выбирать необходимую последовательность действий в зависимости от условий при запуске турбины, ее остановке и других маневрах.

Ввод в работу Сахалинской ГРЭС-2 позволит создать запас мощности и надежности энергетической инфраструктуры для роста промышленности региона. Сахалинская ГРЭС, расположенная в Вахрушевском районе островного региона, давно исчерпала свой парковый ресурс (износ оборудования составляет более 80%). После пуска в работу первой очереди Сахалинской ГРЭС-2 действующая станция будет выведена из эксплуатации. В этих условиях Сахалинская ГРЭС-2 является особо востребованной для обеспечения энергетической безопасности целого региона

Строительство станции начато в апреле 2015 года. В 2018 году завершён монтаж паровых котлов и турбин. В декабре 2018 года были успешно проведены пусконаладочные процедуры на энергоблоке №2 с синхронизацией с островной энергосистемой Сахалина. Ввод объекта в эксплуатацию намечен на 2 квартал 2019 года.

Проект строительства и эксплуатации ТЭЦ в Совгаванском районе (Хабаровский край)

Совгаванская ТЭЦ – новый энергообъект Хабаровского края, который должен заместить устаревшую и изношенную Майскую ГРЭС и обеспечить централизованное теплоснабжение города Советская Гавань, вытеснив малоэкономичные и неэкологичные котельные, а также впервые обеспечит подачу воды в город в течение всего года.

Строительство станции ведётся ПАО «РусГидро», пуск намечен на конец 2019 года. Совгаванская ТЭЦ представляет собой тепловую паротурбинную электростанцию с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла. Электрическая мощность новой ТЭЦ составит 120 МВт, тепловая мощность – 200 Гкал/ч. Среднегодовая выработка будет достигать 561,0 млн. кВтч. В качестве топлива для производства электроэнергии и тепла предполагается использовать Ургальские каменные угли. В рамках сооружения 1-й очереди ТЭЦ будет выполнено строительство внутриплощадочной инфраструктуры для последующих очередей станции суммарной мощностью 360 МВт. К 2020 году ТЭЦ должна обеспечить покрытие тепловых нагрузок г. Советская Гавань и близлежащих поселков в размере 115,98 Гкал/час.

Характеристика проекта

Место расположения	г. Советская Гавань, Хабаровский край
Цель проекта:	Покрытие потребностей в электрической мощности Ванино-Советско-Гаванского узла, замещение неэкономичной Майской ГРЭС, а также обеспечение г. Советская Гавань централизованным теплоснабжением
Установленная мощность, МВт / Гкал/ч	120 / 200
Количество турбин, шт. (МВт)	2 (63)
Количество котлов, шт. (т/ч)	3 (210)
Среднегодовая выработка электроэнергии, млн. кВт*ч	630
Год и объем вводимой мощности	2019, 120 МВт / 200 Гкал/ч
Год завершения строительства	2019

Основное оборудование станции включает в себя два турбоагрегата мощностью по 63 МВт, каждый из которых включает в себя турбину Т-63-13/0,25 и генератор ТФ-63-2У3. Пар для турбоагрегатов будут вырабатывать три котла Е-210-13,8-560. Выдача электроэнергии в энергосистему будет производиться с открытого распределительного устройства (ОРУ) напряжением 110 кВ по следующим линиям электропередачи:

- ВЛ 110 кВ Совгаванская ТЭЦ – ПС Окоча (2 цепи);
- ВЛ 110 кВ Совгаванская ТЭЦ – ПС Ванино (2 цепи);
- ВЛ 110 кВ Совгаванская ТЭЦ – ПС Эгге.

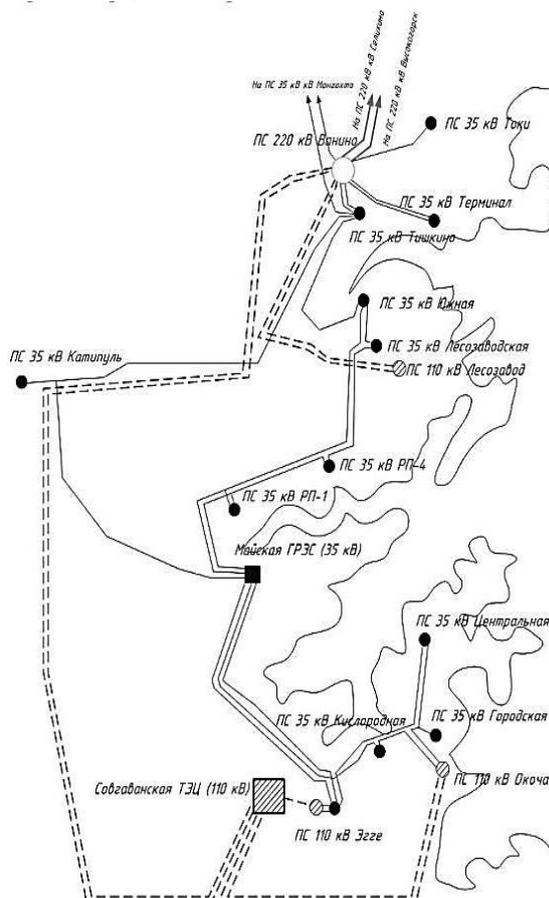


Рисунок 3.5.2 – Карта-схема энергорайона Советской Гавани ТЭЦ.

Новая ТЭЦ в г. Советская Гавань имеет особое, стратегическое значение для развития Советско-Гаванского и Ванинского районов Хабаровского края. Тут

предполагается построить многопрофильный портовый и судоремонтный центр, контейнерные и угольные терминалы, а также развивать переработку рыбы и морепродуктов. Прогнозируемое в связи с этим увеличение грузопотока по БАМу, которое, после полной реализации проекта по модернизации участка Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань, достигнет 35,7 миллиона тонн грузов в год, потребует серьезной и бесперебойной подачи тепла и электричества. Новые генерирующие мощности Совгаванской ТЭЦ позволят частично покрыть растущие потребности региона в электроэнергии, связанные с реализацией инвестиционных проектов по развитию портовой и транспортной инфраструктуры. В результате строительства ТЭЦ, можно будет вывести из эксплуатации неэффективное и исчерпавшее свой ресурс оборудование Майской ГРЭС, работающее с высоким расходом топлива и низким электрическим КПД.

Станция будет оснащена автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП). Автоматика самостоятельно будет настраивать параметры работы паротурбинной установки в соответствии с мощностью, которая требуется от нее в данный момент. Такая система будет выбирать необходимую последовательность действий в зависимости от условий при запуске турбины, ее остановке и других маневрах. Также АСУ обеспечит стабильность работы агрегатов в меняющихся условиях.

Установка электрофильтров за котлами ТЭЦ для очистки газов позволит улавливать не менее 99,6% твердых веществ. Значительная высота дымовой трубы (150 м) позволит эффективно рассеивать незначительные выбросы на большое расстояние, что также не дает нагрузки на окружающую среду.

Основные задачи и параметры реализации проекта ПАТЭС, Плавучая атомная тепловая электростанция

Основным видом деятельности в Чукотском АО является добывающая промышленность: выявлено более 80 комплексных олово-вольфрамовых месторождений, а также 1 медное месторождение, общий ресурсный потенциал угленосных районов оценивается в 57,5 млрд. т., открыты два нефтегазовых бассейна: Анадырский и Хатырский. Кардинальные изменения в добывающей отрасли произошли с развитием освоения месторождений россыпного золота.

На территории Чукотского АО применяется децентрализованное энергоснабжение. В состав энергосистемы Чукотского округа входят три изолированных энергообъекта: Анадырская ТЭЦ, Эгвекинотская РЭС, а также Билибинская АТЭЦ, построенная в 1974-1976 гг. Проблема эффективного и надежного обеспечения энергией отдаленных территорий имеет большое социальное и военно-стратегическое значения и в настоящее время очень актуальна. В 2019 году планируется начало вывода из эксплуатации Билибинской АЭС, что предусматривает обновление конфигурации энергосистемы Чаун-Билибинского энергорайона и поиск оптимальных вариантов энергообеспечения промышленных предприятий.

Новые тенденции в электроэнергетике выражены в частичной смене статичного состояния материковой электроэнергетики и переходе к динамичному использованию высокотехнологичных плавучих электростанций в поверхностных водных пространствах. С учетом специфики отечественных морских регионов в системе Росэнергоатома разработан вариант плавучей атомной тепловой электростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов».

Ключевыми задачами проекта являются:

- коренная модернизация энергетики на основе атомных энергоблоков морского базирования;
- ускоренное и устойчивое промышленное и социально-экономическое развитие удаленных территорий Арктики и Дальнего Востока – регионов стратегических интересов России.

Энерготехнологии ПАТЭС позволят:

- Отказаться от завоза органического топлива
- Обеспечить условия для развития промышленно-портовых инфраструктурных проектов
- Обеспечить разработку месторождений полезных ископаемых, в том числе на шельфе арктических и дальневосточных морей
- Повысить качество жизни населения

Основной элемент станции – плавучий энергоблок (ПЭБ) – несамоходное судно, на котором размещен комплекс энергетического оборудования для генерации электрической и тепловой энергии. ПЭБ сооружается на судостроительном заводе и доставляется к месту размещения ПАТЭС морским путем в полностью готовом виде. На месте размещения станции строятся только вспомогательные сооружения, обеспечивающие установку ПЭБ и передачу тепла и электроэнергии на берег.

Таблица 3.5.2

Характеристики ПАТЭС

Характеристика	Значение
Электрическая мощность, МВт	2 x 35
Тепловая мощность, Гкал/ч	2 x 73
Отпуск электроэнергии, млн.кВт*ч/г	455
Отпуск тепла, тыс.Гкал/г	900
Длина ПЭБ по КВЛ, м	140
Ширина ПЭБ, м	30
Высота борта, м	10
Водоизмещение, т	21 560
Осадка, м	5,6

В состав ПАТЭС входят:

- плавучий энергоблок с двумя реакторными установками (РУ) КЛТ-40С и двумя паротурбинными установками (ПТУ) ТК-35/38-3.4с;
- гидротехнические сооружения, обеспечивающие установку и раскрепление ПЭБ и передачу вырабатываемой электрической и тепловой энергии на берег;
- береговые сооружения, предназначенные для передачи выработанной электрической и тепловой энергии во внешние сети для распределения потребителям.

Жизненный цикл данной электростанции рассчитан на 40 лет. С помощью соответствующих дополнительных технологий на ПАТЭС будет осуществляться опреснение морской воды. Ежесуточная производительность ПАТЭС от 40 до 240 тыс. м³ пресной воды, предназначенной для бытовых и хозяйственных целей.

Предусмотрены три интервальных цикла перезагрузки ядерного топлива в реакторы ПАТЭС через каждые 12,5–13 лет. Функции обращения с радиоактивными, жидкими и твердыми отходами и другие специфические функции будут осуществляться на предприятиях с соответствующими условиями.

Для дислокации готовой к эксплуатации ПАТЭС потребуется завершить строительство нового инфраструктурного комплекса на площади примерно 12 га, в том числе новых сооружений защищенной акватории и прибрежного мола-причала протяженностью около 600 м. Предстоит осуществить ремонт изношенных за 40 лет сетей Чаун-Билибинского энергетического узла и подключить ПАТЭС к береговой инфраструктуре новых энергосетей. Новые линии электропередачи (ЛЭП) будут соединены с потоком генерируемой энергии от ПАТЭС для передачи ее потребителям. Ввод в эксплуатацию объекта планируется на осень 2019 года.

Состав комплекса можно варьировать вплоть до монорешений: только на базе испарительной технологии либо только на базе обратноосмотической (производство пресной воды). В частности зарубежные компании из Юго-Восточной Азии, Республики

Кабо-Верде (Острова Зеленого Мыса), Индонезии и другие проявляют интерес к ПАТЭС, снабженным опреснительным оборудованием.

Специфической проблемой ПАТЭС является то, что каждые 12-13 лет (по проекту) она должна вставать на профилактический ремонт в сухой док. С этим связаны значительные прямые (аренда дока, буксировка в док и сами работы) и косвенные (необходимость замещать выпадающую электроэнергию более дорогой, поддерживать для этого резервные мощности и запасы топлива) издержки. Вся процедура занимает около года. К тому же буксировка несамоходного плоскодонного судна, водоизмещением 21,5 тыс. т, длиной 140 м и общей высотой около 40 м, даже в неледовых условиях представляет определенную сложность.

Задачи и программные решения строительства горно-обогатительного комплекса Инаглинский

Республика Саха (Якутия) обладает громадными, несоизмеримыми с большинством регионов России запасами бурого и каменного угля (46,6 % запасов категорий А + В +С1 Дальневосточного района). Наиболее ценные коксующиеся угли сосредоточены в Южно-Якутском угольном бассейне, где выделяют четыре угленосных района: Усмунский, Алдано-Чульманский, Гонамский и Токинский. Наиболее детально изученным районом является Алдано-Чульманский угленосный район (АЧУР). В районе детально разведаны и утверждены ГКЗ запасы Нерюнгринского, Чульмаканского и Денисовского месторождений.

Чульмаканское месторождение коксующихся углей представляет наибольший интерес, т. к. добываемый на месторождении уголь по своим качественным характеристикам относится к жирным углям (марка Ж) и может использоваться в качестве топлива на электростанциях, при производстве цемента, так и (после обогащения) в металлургическом производстве. Также на Чульмаканском месторождении имеется уголь марки СС (слабоспекающийся). Горнотехнические условия разработки месторождения сложные и определяются физико-механическими свойствами горных пород, резкопересечённым рельефом поверхности, значительной протяжённостью фронта работ и наличием нескольких ручьёв. По техническим условиям разработки месторождение может быть отнесено к пластовым месторождениям нагорного типа.

Компания «Колмар» - якорный резидент ТОР «Южная Якутия» реализует на Дальнем Востоке три крупных инвестиционных проекта: строительство ГОК «Денисовский» и ГОК «Инаглинский» и специализированного терминала для перевалки угля «ВаниноТрансУголь» в Хабаровском крае. Балансовые запасы компании превышают 1 млрд тонн угля. Основной специализацией ТОР определена добыча и переработка коксующихся углей для поставки на российский рынок и в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

«ГОК «Инаглинский» Отрабатывает запасы Чульмаканского каменноугольного месторождения (участки Центральный, Восточный, Северный, Западный) и Верхне-Талуминского месторождения (участки №1 и №2).

В состав комплекса «Инаглинский» входят:

- Участок открытых горных работ;
- Шахта «Инаглинская-1»;
- Шахта «Инаглинская-2»;
- Обогательная фабрика «Инаглинская-1».

Каждый корпус очереди будет оборудован своими складами, своим узлом погрузки. Будет создана инфраструктура, погрузочная станция на загрузку 8 млн тонн концентрата, новые подстанции, новые линии, новые административно-бытовые комплексы.

Глобальный проект также предусматривает строительство угольного терминала в бухте Мучке, которое позволит сократить сухопутное транспортное плечо более чем на 400 км при экспорте продукции.

По мнению главы республики Егора Борисова "Инаглинский ГОК", с точки зрения рентабельности, качества сырья и безопасности производства, имеет шансы стать в дальнейшей перспективе новым центром угольной промышленности страны.

Таблица 3.5.3

Качественные показатели обогащенного угля ГОК

Общая влага	Макс. 9%
Зольность	Макс. 10%
Выход летучих веществ	Прим. 30%
Текучесть	42000 ddpm
Высшая теплота сгорания	7700 ккал/кг
HGI/FSI	90/8,5
Толщина пластического слоя	Прим. 30 мм
Массовая доля серы	Макс. 0,4%
Массовая доля фосфора	0,005
Содержание азота	1,5

Перспективные задачи цифровизации производственных процессов ГОК на Наталкинском месторождении золота

Наталкинское золоторудное месторождение является одним из крупнейших месторождений не только на Дальнем Востоке, но и в России. Оно относится к классу уникальных золоторудных месторождений, характеризующихся значительным масштабом минерализации и низкими содержаниями полезного компонента. Интерес к объектам такого типа возник относительно недавно в связи с исчерпанием фонда богатых месторождений золота, повышением мировых цен на горнорудную продукцию, а также в связи с развитием техники добычи и технологии переработки руд. Наталкинское золоторудное месторождение расположено в 390 км от Магадана, в долине реки Омчак. Лицензией на освоение месторождения владеет компания АО «Полюс Магадан», входящая в Группу «Полюс». По состоянию на 31 декабря 2017 года доказанные и вероятные запасы Наталкинского месторождения составляют 293 млн тонн руды при среднем содержании золота 1,7 г/т и 16 млн унций золота.

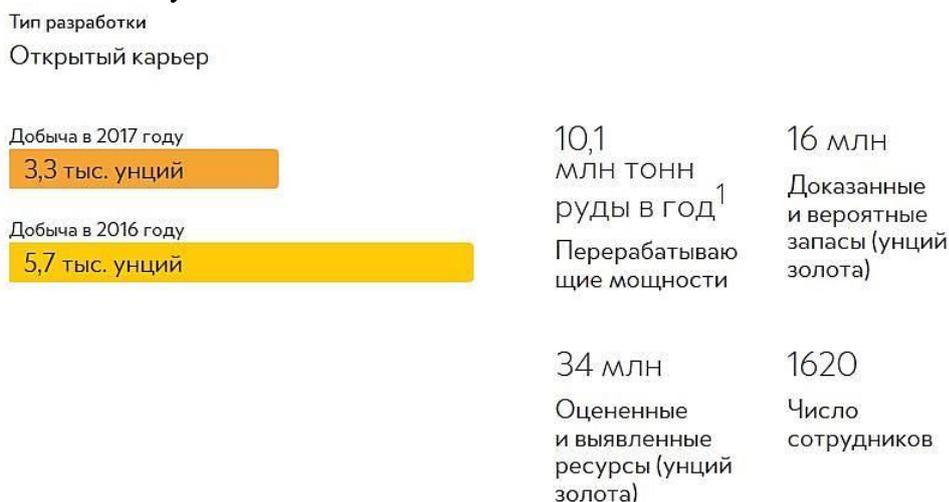


Рисунок 3.5.3 – Характеристика проекта

В 2010 года ОАО «Полюс Золото» рассмотрел проект «Строительство горнодобывающего и перерабатывающего предприятия на базе Наталкинского золоторудного месторождения» и принял решение о начале строительства ГОК. В соответствии с одобренным проектом запуск горнодобывающего и перерабатывающего предприятия на Наталкинском месторождении будет осуществляться в три очереди:

- 1-я очередь производительностью 10 млн т/год;
- 2-я очередь производительностью 10 млн т/год;
- 3-я очередь производительностью 20 млн т/год.

Суммарная проектная мощность ГОК по добыче и переработке руды составляет 40 млн т/год. В соответствии с текущим планом срок отработки открытым способом при плановых объемах производства превышают 25 лет.

Месторождение Наталка было открыто в 1942 году. Рудник, названный в честь героя Великой отечественной войны Александра Матросова, в советское время стабильно приносил по 1-1,5 т драгметалла ежегодно. Позже на Наталкинском месторождении было решено провести доразведку запасов золота и обновить производственные мощности с тем, чтобы приступить к открытой добыче. Новые геологоразведочные работы показали, что рудник обладает серьезными залежами золотой руды. Проект шел непросто. Впрочем, в 2015г. "Полюс-Золото" заключило с китайской компанией China National Gold Group Corporation договор о закупках материалов и промышленного оборудования, проектировании и сооружении производственных объектов. Сейчас завершена поставка всего технологического оборудования, запущена золотоизвлекательная фабрика, на которой установлена самая большая в мире шаровая мельница для измельчения руды, ведется строительство объектов вспомогательной инфраструктуры, и уже получена первая тонна золота.

Технология переработки. Золотосодержащая порода проходит измельчение в шаровой мельнице, в её барабанах может измельчаться до 15 тысяч тонн породы в день. После предусмотрена схема с гравитационным концентрированием, флотационным обогащением хвостов гравитации и цианированием гравифлотоконцентратов. После обогащения производится выплавка слитков сплава Доре, с очень высоким содержанием золота – 75%, и с 23% серебра. Остальные компоненты руд отмечаются только в низких концентрациях. Для повышения эффективности переработки руд на месторождении проведены испытания по предварительному обогащению руд с использованием методов рентгенорадиометрической и фотометрической сепарации (РРС и ФМС). Готовые слитки отправляются на аффинажный завод для полной очистки.

В 4 квартале 2018 года на Наталке были успешно проведены работы по автоматизации управления парком горной техники и обеспечению широкополосного беспроводного доступа в Интернет, что позволило усовершенствовать процесс управления оборудованием для горных работ. Автоматизированные системы управления горным производством являются необходимостью в современном горном деле и ключевым элементом для успешного горно-обогатительного предприятия, которые улучшают использование транспорта, сокращают простои экскаваторов и автотранспорта, повышают производительность предприятия, повышают качество рудопотоков на усреднительные склады и переработку.

Проект Наталкинского месторождения не мог быть успешно реализован без решения вопроса об энергетической инфраструктуре. Золотодобывающей компании предоставляется субсидия из бюджетных средств на сумму 9,9 млрд руб. на постройку воздушной линии электропередачи 220 кВ Усть-Омчуг – Омчак Новая с распределительным пунктом и подстанцией Омчак Новая, которая обеспечит электроэнергией вторую очередь Наталкинского ГОК. Кроме того, около 45 мВт будет поступать на месторождение Павлик (ИК «Арлан»).

Также планируется покрыть рост нагрузок на новых месторождениях Яно-Колымской провинции (Дегдеканское, Игуменовское, Родионовское, Павлик-2 и Тарын-2). Срок сдачи в эксплуатацию электросети в середине 2019 года. Таким образом, проект решает комплексную задачу – за счет создания новых объектов энергетики появится возможность осваивать другие запасы.

В настоящее время «Полюс» рассматривает варианты дальнейшего увеличения мощности Наталкинской ЗИФ с выводом на уровень выше проектного за счет расшивки «узких мест».

Стратегическое цифровизируемое партнерство «Роснефти» с китайской ChemChina - Восточный нефтехимический комплекс

Проект по строительству ВНХК (входит в компанию ПАО «Роснефть») предусматривает создание на Дальнем Востоке современного нефтехимического комплекса, который позволит: заложить основу для развития нефтехимического кластера; развить инфраструктуру и сопутствующее производство в ДФО; заместить экспорт сырья производством продукции с высокой добавленной стоимостью; получить дополнительную прибыль за счет сбыта продукции на рынки стран АТР; создать новые рабочие места в регионе.

Проектом предусматривалось начать строительство первой очереди в 2014 году. Но в планы компании вмешалась мировая экономика и политика. Во-первых, баланс на рынках нефтехимической продукции стал меняться из-за резкого падения стоимости нефти. Во-вторых, сама «Роснефть» оказалась под санкциями, объявленными США и ЕС в связи с началом военных действий на Украине. Корпорация потеряла, таким образом, доступ к финансовым ресурсам западных банков. Однако нашла деньги на востоке. Общая стоимость проекта в 2016 г. оценивалась в 1,5 трлн руб. Разделить финансовые обязательства должна была китайская ChemChina, с которой «Роснефть» в июне 2016 г. договорилась о вхождении на 40 % в капитал ВНХК, – три месяца спустя стороны подписали соглашение о создании совместного предприятия. Принять участие в проекте должна была также итальянская Pirelli, которая вместе с польской Synthos планировала стать технологическим партнером «Роснефти» в строительстве мощностей по выпуску синтетического каучука. Еще одним партнером могла стать японская Mitsui, с которой «Роснефть» в 2013 г. заключила меморандум о взаимопонимании.

Первая очередь комплекса должна была стать площадкой для производства моторных топлив – бензина (1,57 млн т в год), дизеля (6 млн т в год), керосина (790 тыс. т в год) и судового маловязкого топлива (140 тыс. т в год), а вторая – для выпуска нефтехимических продуктов: полиэтилена (850 тыс. т в год), полипропилена (800 тыс. в год), бутадиена (200 тыс. т в год), бензола (230 тыс. т в год) и моноэтиленгликоля (700 тыс. т в год).

Однако в апреле 2018 г. стало известно о новой конфигурации проекта: первой очередь станет нефтехимический блок, который в качестве сырья будет ежегодно использовать 5 млн т нефти, блок же нефтепереработки будет сужен. Изменились и сроки реализации проекта: первую очередь теперь планируется запустить в 2026 г., а вторую – в 2029 г. Снабжать проект газом «Роснефть» планирует за счет собственных ресурсов. Гибкость технологий позволяет перерабатывать нефть различного качества (содержание серы 0,8–1,8%) с различных месторождений Компании, а также, при необходимости, нефть с моря.

В настоящее время осуществляется комплекс мероприятий по подготовке к строительству I и II очереди проекта.

I-я очередь – нефтехимия мощностью 3,4 млн тонн в год по сырью с производством следующих основных наименований товарной продукции: полиэтилены, полипропилены, бутадиены, бензол, МЭГ. II-я очередь – нефтепереработка мощностью 12 млн тонн в год по нефти с получением моторных топлив (автобензинов 1 млн 570 тыс. тонн/год, дизельного топлива 6 млн тонн/год, керосина 790 тыс. тонн/год, судового маловязкого топлива 140 тыс. тонн/год);

Завершены работы по подготовке проектной документации проекта, в том числе по объектам инфраструктуры (ж/д пути, внеплощадочная автомобильная дорога, объекты водоснабжения, нефтепровод-отвод, газопровод, объекты электросетевого хозяйства и т.д.). В сентябре 2017 года было заключено соглашение об осуществлении деятельности АО «Восточная нефтехимическая компания» на территории опережающего социально-экономического развития «Нефтехимический». АО и присвоен статус якорного резидента

ТОСЭР «Нефтехимический». Общий объем капитальных вложений в строительство I и II очереди составит около 660 млрд руб.

Задание

1. Провести сопоставительную (сравнительную) оценку программ цифровизации стран Азиатско-Тихоокеанского региона – кто флагман?
2. Выбрать проект в рамках описанного в кейсе пакета проектов и в соответствии с отраслью представляемой компании (*нефтегазовой, нефтегазохимической, минерально-сырьевого комплекса, тепловой и электроэнергетики*).
3. Оценить стратегический потенциал избранного проекта по
 - соответствию программам стратегического развития региона присутствия (субъекта Российской Федерации или страны Азиатско-Тихоокеанского региона),
 - масштабу используемых ресурсов (сырьевых, технологических, производственных, человеческих, финансовых),
 - наличию инновационных разработок и решений.
4. Определить перечень цифровых решений в рамках инновационного развития избранного производственного объекта или энергетического проекта.
5. Обосновать цифровые решения по критериям
 - безопасности производственных процессов
 - обеспечения цифровой трансформации объектов внешней инфраструктуры избранного проекта.

3.6 ОК2019 ЦТ «Цифровая трансформация энергетической компании»

Цифровая трансформация: основные подходы и определения

Термин «**Индустрия 4.0**» появился в Европе: в 2011 году на одной из промышленных выставок в Ганновере правительство Германии заговорило о необходимости более широкого применения информационных технологий в производстве. Специально созданная для этого группа официальных лиц и профессионалов разработала стратегию превращения производственных предприятий страны в «умные». Этому примеру последовали и другие страны, активно осваивающие новые технологии. Термин «Индустрия 4.0» стали использовать как синоним четвертой промышленной революции

Цифровая трансформация неразрывно связана с реализацией концепции «Индустрия 4.0». В то время как концепция «Индустрия 3.0» направлена на автоматизацию отдельных машин и процессов, «Индустрия 4.0» предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов и их интеграцию в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости. Достижение эффекта от воплощения концепции «Индустрия 4.0» возможно только при наличии хорошо налаженных процессов получения и анализа данных, а также обмена ими.

Концепция «Индустрия 4.0» и соответствующие цифровые технологии:

- Интеллектуальные датчики
- Дополненная реальность (AR)
- Роботизация бизнес-процессов (RPA)
- BigData
- Облачные сервисы, Интернет Вещей (IoT)
- Виртуальная реальность (VR)
- Мобильные устройства
- 3D-печать

Цифровые двойники

«**Цифровой двойник**» (digital twin) определяется как виртуальное представление физического объекта или системы на протяжении их жизненного цикла с использованием в реальном времени данных интеллектуальных датчиков.

В рамках технологии Цифровых двойников для физического объекта, единицы оборудования или целого процесса создается математическая модель, которая используется для анализа поведения объекта. Цифровая модель постоянно обновляется, чтобы максимально полно соответствовать текущему рабочему режиму реальной установки. Это дает возможность выявить непредусмотренные изменения в процессах, оптимизировать режимы работы оборудования, предотвращать поломки и аварии, что в итоге позволяет существенно повысить надежность и эффективность эксплуатации.

Цифровая копия пространств, активов, оборудования и процессов позволяет удаленно управлять объектами, эксплуатировать и устранять неполадки в системах дистанционно. По данным Eutech Cybernetics компании могут сократить расходы более чем на 30%, перейдя на интеллектуальную эксплуатацию и управление.

В нефтегазовой отрасли технология Цифровых двойников применяется при создании Цифровых (умных, интеллектуальных) месторождений.

Цифровое Месторождение - это экспертно-аналитическая система, которая оперативно собирает, анализирует информацию и дает рекомендации по оптимизации нефтегазодобывающего производства. Основной эффект от перехода к интеллектуальному месторождению - это прирост добычи нефти и газа, а также сокращение простоев и трудозатрат.

В электроэнергетике реализуются проекты цифровых электростанций (цифровой двойник реальной станции, объединяющий несколько объектов в систему). GE Power представила концепцию цифровой теплоэлектростанции - комплекс цифровых решений, которые помогут значительно сократить уровень выбросов парниковых газов за счет повышения эффективности угольных ТЭС. Специалисты Института РАН создали цифровые

модели всех процессов, которые возможны на современных атомных станциях и цифровой двойник 1-го блока Нововоронежской АЭС-2.7.

Цифровые решения: обеспечение уровня безопасности

Применение цифровых технологий позволяет повысить доход, энергоэффективность и производительность компании. Цифровизация рабочих процессов влияет не только на повышение эффективности, но и на обеспечение высокого уровня безопасности. Качественная же система промышленной безопасности позволяет эффективно минимизировать риски, связанные с реализацией проектов, а также выстроить систему предупреждения инцидентов, охватывающую все стадии производственного процесса, что положительно влияет на эффективность процессов и, как следствие, обеспечивает рост экономических показателей.

Внедрение цифровых технологий наряду с положительными эффектами, безусловно, сопровождается определенными рисками. Прежде всего технологическими и связанными с кибербезопасностью.

Последствия нарушения доступности, целостности или конфиденциальности данных процессов могут стоить компании очень дорого. Чтобы эффективная цифровая среда соответствовала желаемой цели, важно рассмотреть области риска, выходящие за рамки традиционного риска. Риски внедрения цифровых технологий представлены в таблице 1 раздел 2.5, кейс «Цифровые решения и эффективность производства»

Бизнес-модели: характеристики и свойства

Бизнес-модель компании позволяет представить, как организация получает (или намеревается получать) прибыль, а также описывает логику, определяющую рыночно и финансово успешное функционирование: какие ресурсы позволяют компании сформировать ценностное предложение для потенциальных покупателей, каким образом она создает, продает и доставляет свои товары и услуги. Наконец, бизнес-модель позволяет сделать шаг от стратегического замысла компании к оперативным и тактическим действиям.

Составляющие бизнес-модели определяются экспертами в различных конфигурациях, однако в последние годы одним из наиболее известных и признанных инструментов стратегического управления является *Business model Canvas* (табл.3.6.1), созданная А. Osterwalder и Y. Pigneur. Модель предназначена, в первую очередь, для ценностной оценки действующего бизнеса, при этом применяется для структурного анализа существующей бизнес-модели с целью нахождения зон уязвимости или новых «точек роста».

Таблица 3.6.1

Бизнес-модель Canvas				
Инфраструктура		Предложение	Клиент	
Ключевые партнеры	Ключевые активности	Ценностное предложение	Клиенты	Сегментирование клиентов
	Ключевые ресурсы		Каналы сбыта	
Затраты		Выручка		
Финансы				

От бизнес-модели к цифровой трансформации: алгоритм основных решений и определение ключевых показателей эффективности

На *первой стадии* алгоритма (табл. 3.6.2) модели цифровой трансформации предполагается сбор и визуализация исходных данных для поиска ключевых направлений.

На *второй стадии* алгоритма (табл. 3.6.3) цифровой трансформации предполагается мониторинг и диагностика.

Третья стадия алгоритма (табл. 3.6.4) цифровой трансформации направлена на определение ключевых показателей эффективности (КПЭ или КРi) в соотношении с влиянием внешних стейкхолдеров, внутренней аудитории и репутационного статуса. По итогам анализа необходимо проранжировать сформированные показатели. Данные показатели могут быть определены для компании, подразделения и конкретной должностной позиции.

Четвертая стадия алгоритма (табл. 3.6.5) модели цифровой трансформации предполагает представление характеристик проранжированных ключевых показателей эффективности с указанием периода реализации.

Таблица 3.6.2

Стадия 1. Сбор и визуализация данных				
Основные функциональные блоки	Поиск ключевых направлений цифровизации компании			
	Определение узких мест n	Определение зон развития с наибольшим потенциалом – драйвером цифровизации m	Определение кросс-функциональных связей между блоками и взаимозависимости k	Представление технологической «развилки» (технологий сбора и обработки данных, информационно-коммуникационных технологий) j
Производственный и логистический
Научно-исследовательский
Финансовый
Кадровый
Маркетинговый

Таблица 3.6.2

Стадия 2. Мониторинг и диагностика			
Устойчивое стратегическое партнерство с внешними стейкхолдерами	Потенциальная клиентская аудитория	Партнеры - предприятия	Органы государственного и регионального управления
	Рост приверженности и результативности внутренних аудиторий	Рост потенциального и целевого сегмента	Рост числа и объема сделок
Рост репутационного статуса	Персонал-аудитории		
	Рост численности ключевых персонал-аудиторий Опережающая динамика квалификационного уровня персонала		
	Позиции в международной конкурентной среде		

Таблица 3.6.4

Стадия 3. Аналитика - формирование и ранжирование КРi				
	Направления цифровизации			
	Узкие места (1.....n)	Зоны роста (1.....m)	Функциональные взаимозависимости (1.....k)	Технологические возможности (1.....j)
Внешние стейкхолдеры	КРi	КРi	КРi	КРi
Внутренние аудитории	КРi	КРi	КРi	КРi
Репутационный статус	КРi	КРi	КРi	КРi

Таблица 3.6.5

Стадия 4. Реализация и тиражирование				
КРi	Период реализации	Технологическая поддержка (критерии выбора: безопасность, снижение затрат, отсутствие цифровой дискриминации)	Ответственное подразделение или сотрудник	Лидеры цифровой трансформации
Итоговые результаты			Предварительные результаты	
Ожидаемый	Отрицательный			
К тиражированию				

Системное влияние цифровой трансформации на организационные характеристики энергетических компаний

Согласно обзору PwC (2018), для трансформации электроэнергетики отводится не более пяти лет.

Три года назад, в ходе предыдущего исследования, только 26% опрошенных считали, что традиционные бизнес-модели электроэнергетических компаний сохранят свою эффективность в будущем. Сейчас большинство респондентов (79%) констатируют, что их бизнес-модель уже в той или иной степени претерпела изменения. В качестве элементов новой бизнес-модели были указаны - «энергия как услуга», ценообразование на основе ценности продукта для клиента, агрегирование данных о клиентах. Более инновационные меры, такие как налаживание партнерских отношений в области цифровых технологий со сторонними поставщиками или внедрение многоканальной стратегии привлечения клиента, фигурировали в числе трех наиболее востребованных элементов новой бизнес-модели меньшинства респондентов. Многие электроэнергетические компании признают, что своими силами им вряд ли удастся достичь успеха во внедрении эффективных инновационных решений. Компании с функционалом «Интернета вещей» и программного обеспечения обозначаются как самые востребованные партнеры электроэнергетических компаний.

По оценкам экспертов SAP, к 2019 году 85% крупнейших энергетических компаний создадут новые обособленные бизнес-подразделения для ускорения инноваций и цифровой трансформации. К 2027 году 75% компаний трансформируются в цифровые предприятия (DNE).

К основным чертам новых бизнес-моделей можно отнести оптимизацию портфеля генерирующих активов, использование значительных объемов распределенной генерации (включая ВИЭ) и накопителей, применение интеллектуальной инфраструктуры и трансформацию взаимоотношений с потребителями, многие из которых переходят к активным, просьюмерским моделям поведения.

Распределенная энергия. Понятие цифровизации в энергетической сфере, как правило, рассматривают в связи с распределенной энергетикой. К технологиям распределенной энергетики (распределенных энергоресурсов, Distributed Energy Resources, DER) в мировой практике относят:

- распределенную генерацию (Distributed Generation);
- управление спросом (Demand Response);
- управление энергоэффективностью;
- микросети (Microgrids);
- распределенные системы хранения электроэнергии;
- электромобили.

Базовое свойство всех этих технологий - близость к потребителю энергии. По прогнозам консалтинговой компании Navigant Research, к 2026 году в мире ожидается ввод в три раза большего объема распределенной, чем централизованной генерации.

Отношения с клиентами. Новые условия ведения бизнеса потребуют изменения привычных практик:

- создания новых каналов взаимоотношений с клиентами;
- реализации новых принципов сегментирования клиентов и ценообразования;
- разработки новых продуктов и услуг.

Цифровая трансформация предоставляет возможности для расширения спектра услуг, обеспечивающих дополнительный доход (управление нагрузкой, например, реализация мер по обеспечению энергоэффективности, автоматизация дома, и т.д.).

Бизнес-модели: характеристики и свойства

Цифровая трансформация предоставляет возможности для расширения спектра услуг, обеспечивающих дополнительный доход. Крупнейшие электроэнергетические предприятия активно укрепляют свои позиции для вывода на рынок товаров и услуг «за счетчиком» (behind-the-meter) в сегментах B2B и B2C, стремясь обеспечить рост в стабильных зонах

рынка и повысить уровень удержания клиентов. Такие товары и услуги обычно относятся к четырем направлениям создания стоимости: использование распределенных энергоресурсов, электромобили, умные дома, коммерческие и промышленные энергетические услуги. В настоящее время компании энергетической отрасли по-новому перегруппируют свои ресурсы по пяти направлениям, чтобы соответствовать требованиям рынка: стратегия, инновации, цифровизация, сети и клиенты.

С учетом тенденций отрасли, эксперты PwC обращают внимание нефтегазовых компаний на три возможности:

1. Сфокусироваться на добыче ископаемых видов топлива (при этом важны инновации, вложения в энергосберегающие технологии, топливные продукты с низким уровнем выбросов и технологии улавливания углерода).

2. Диверсифицировать портфель (диверсификация на данном этапе реализуется в ходе крупных сделок, поглощений ведущими нефтяными компаниями (например, Shell приобрела компанию BG Group). Однако в будущем такая стратегия может перейти в приобретение или наращивание мощностей и предложений в сфере возобновляемых источников энергии (партнерство Total с EREN Renewable Energy); или в выход на традиционные вторичные рынки, такие как нефтехимия.

3. Сфокусироваться на возобновляемых источниках энергии (датская компания-гигант Dong Energy, сменившая на Ørsted, в настоящее время компания завершает трансформацию, сокращая добычу нефти, газа и угля и приоритезируя освоение возобновляемых источников энергии. Схожим образом газовый гигант GDF Suez недавно трансформировался в Engie).

Корпоративный центр	Традиционная функциональная модель	Новая модель сегмента	
	Генерация Передача электроэнергии Распределение Клиент Розничная торговля	Стратегия Цифровые технологии Инновации	Промышленная эксплуатация Сети Рыночные отношения Конкурентная среда

Рисунок 3.6.1 – Эволюционное развитие организации

В отличие от крупных игроков у независимых компаний нет ни финансовых возможностей, ни соответствующей бизнес-модели для альтернативных инвестиций. Небольшие компании рассматривают возможности заключения стратегических альянсов в целях разделения затрат (и прибылей) с более крупными нефтяными и газовыми компаниями и экономии денежных средств, которые можно направить на инвестиции в нетрадиционные источники энергии. И/или должны сосредоточиться на своих сильных сторонах и продолжить оптимизацию соответствующего функционала.

В том числе, с использованием цифровых технологий для повышения эффективности управления проектами, операционной деятельности и цепочки поставок – нефтегазовые компании, заранее внедряющие цифровые инновационные решения, получают значительное конкурентное преимущество.

Проекты цифровизации: Госкорпорация «Росатом»

Росатом - один из основных участников построения цифровой экономики России - является Центром компетенций государственной программы «Цифровая экономика РФ» по направлению «сквозных» цифровых технологий, таких как:

- Новые производственные технологии;
- Большие данные;
- Квантовые технологии связи;
- Технологии виртуальной и дополненной реальностей.

План реализации национальной программы «Цифровая экономика РФ» предполагает утверждение в 2019 году не менее 10 стратегий цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием.

Госкорпорация «Росатом», находясь в авангарде движения, одной из первых создала свою полноценную цифровую стратегию, что стало важнейшим шагом к ускорению цифровой трансформации отрасли, обеспечению импортозамещения, выполнения обязательств перед государством в рамках реализации национальной программы и разработки продукции гражданского назначения предприятиями оборонно-промышленного комплекса.

Стратегия нацелена в первую очередь на решение внутренних проблем атомной отрасли, среди которых дефицит систем сбора и анализа данных для принятия решений; слабая коммуникация между дивизионами; риск остановки производства в случае ограничений или отзыва лицензий на импортное ПО, а также неэффективное использование рабочего времени и кадрового потенциала из-за недостатков корпоративных ИТ-приложений и дефицита цифровых знаний у сотрудников.

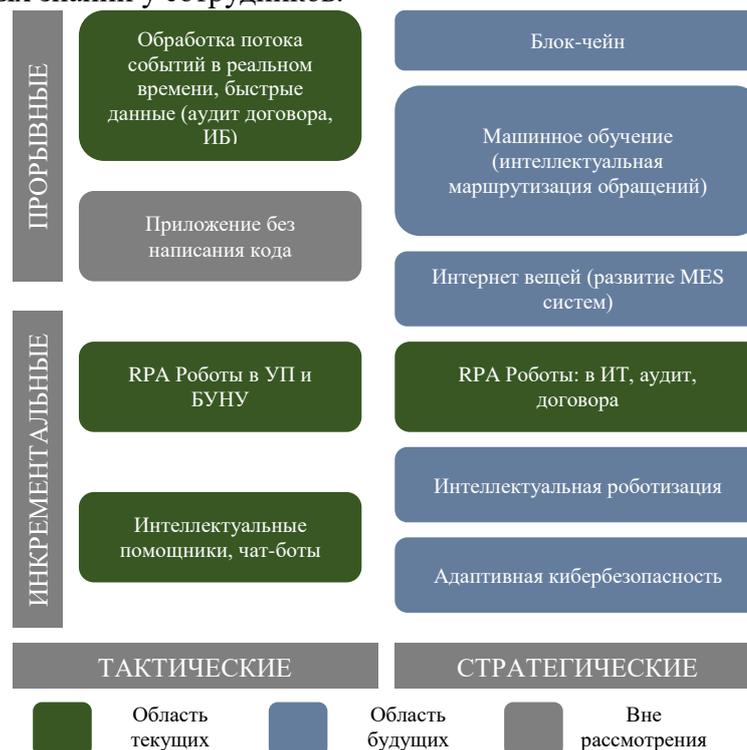


Рисунок 3.6.2 – Сегментирование проектов RPA (Robotic Process Automation) - Роботизация бизнес-процессов, БУНУ - Бухгалтерский Учет и Налоговый Учет, УП - Управление персоналом, MES (Manufacturing Execution System) - Система управления производственными процессами

Приоритетные направления стратегии включают: цифровизацию основных внутренних процессов и функций корпорации; разработку и вывод на рынок цифровых продуктов Росатома; участие Госкорпорации в развитии цифровой экономики, в частности - создание инновационных центров по сквозным технологиям.

Важным элементом Единой цифровой стратегии является сотрудничество с другими крупными компаниями и корпорациями, работающими над развитием и внедрением цифровых технологий, образовательными учреждениями, компаниями ИТ-рынка, институтами развития, органами государственной власти, занимающимися вопросами цифровой экономики на федеральном и региональном уровнях, и другими участниками процесса цифровизации как в Российской Федерации, так и на мировом рынке.

Комплекс Программ цифровизации, необходимых для осуществления стратегического перехода от текущего состояния системы к целевому, включает следующие действия:

- Реинжиниринг и цифровизация процессов сооружения АЭС
- Цифровое импортозамещение
- Цифровой двойник и прорывные технологии

- Цифровизация основных процессов и корпоративных функций
- Цифровые продукты, экосистемы разработчиков и партнеров
- Маркетинг и образ «Цифровой «Росатом»
- Архитектура, инфраструктура. Пользовательский опыт
- Информационная безопасность и эффективность процессов
- Цифровые компетенции и культура
- Организационные изменения в рамках цифровой трансформации

Проекты цифровизации: ПАО «Газпром нефть»

Компания «Газпром нефть» запустила программу цифровой трансформации, стремясь внедрить в свой бизнес новейшие технологии. Цифровая стратегия «Газпром нефти», объединяет ключевые программы, охватывающие всю цепочку создания стоимости и ключевые аспекты управления операционными процессами. В соответствии с предварительной «дорожной картой» первый этап реализации ключевых программ цифровизации планируется завершить к 2022 году.

За счет реализации цифровой стратегии к 2030 году «Газпром нефть» планирует на 50% сократить срок выполнения и стоимость работ в области геологии и разработки, на 40% уменьшить время реализации крупных капитальных проектов, на 10% снизить затраты в области производства и получить 10% дополнительной инвестиционной прибыли при работе с конечными потребителями.

В рамках цифровой стратегии компании предполагается осуществление комплекса мероприятий по нескольким основным направлениям.

В первую очередь, речь идет о создании единой цифровой платформы управления бизнесом. За счет создания единого «языка» взаимодействия систем и процессов для всей компании появится возможность переносить эффективные технологические и организационные решения между блоками и направлениями бизнеса. Всеми производственными объектами во всех сферах - от добычи и переработки нефти до транспортировки и реализации нефтепродуктов – можно будет управлять как единым активом, что сделает этот процесс гораздо более эффективным. При этом к цифровой платформе «Газпром нефти» подключатся клиенты и партнеры, и весь этот комплекс станет частью мировой цифровой экономики будущего.

Управление добычей	Управление производственным активом	Управление сбытом
Единая информационная платформа		
Единые данные		Единые правила
Партнеры		Клиенты

Рисунок 3.6.3 – Цифровая стратегия «Газпром нефти»

Вторым ключевым проектом является управление данными. Для этого все устройства (от пользовательских станций до оборудования на месторождениях, НПЗ, АЗС, транспортных магистралей) должны быть подключены к единой сети компании, и 100% информации о производственных и бизнес-процессах должно генерироваться в цифровом формате. Принимать оптимальные управленческие решения на основе данных позволит создание цифровых двойников производственных схем и активов, использование искусственного интеллекта и систем предиктивного управления.

Цифровые проекты в нефтепереработке компании «Газпром нефть» во многом связаны с применением модели цифровых двойников и концепцией «цифрового завода». Системы усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП) уже сегодня управляют технологическими процессами практически в режиме автопилота, самостоятельно корректируя различные параметры производства. Централизация всех информационных потоков со всех установок в единых операторных - первый этап создания цифрового НПЗ. Это значительно повышает оперативность управления производством, и по такой схеме работают Омский и Московский НПЗ «Газпром нефти».

Такой уровень автоматизации и централизации позволяет перейти к следующему этапу цифровизации нефтеперерабатывающего предприятия - созданию центров управления

производством (ЦУП). Принцип этой трансформации в переходе от управления отдельными установками к управлению технологическими цепочками. Процесс создания ЦУПов запущен на всех НПЗ компании и предполагает трансформацию всего цикла управления производством. Автоматическое почасовое планирование, учет производственных показателей в режиме реального времени, предиктивное управление по отклонениям - все это элементы новой модели управления, при использовании которой применяются такие технологии как Интернет вещей для передачи информации с производственных установок, озеро данных для ее хранения и систематизации, искусственный интеллект для обработки.

Управление цепочкой создания стоимости как единым активом - от поставок нефти, переработки и распределения до транспортировки нефтепродуктов на нефтебазы и конечным потребителям, содержит гораздо больше оптимизационных возможностей, чем работа с каждым из бизнес-сегментов в отдельности.

Создание такой единой цифровой платформы управления - главная стратегическая задача «Газпром нефти» в сфере цифровизации блока логистики, переработки и сбыта. Ключевым элементом этой схемы - Центр управления эффективностью (ЦУЭ).

В реальном времени 250 тыс. датчиков автоматизированного мониторинга и десятки систем производственных процессов транслируют в ЦУЭ сведения о потреблении нефтепродуктов, состоянии оборудования, качестве сырья.

Один из важнейших цифровых проектов, уже реализованных на базе ЦУЭ, - создание автоматизированной системы учета нефти и нефтепродуктов «Нефтеконтроль», позволяющая собирать информацию о движении материальных потоков по цепочке от скважины до заправочной колонки.

В рамках пилотного проекта в эту цепочку были включены Приобское и Зимнее месторождения в Ханты-Мансийском автономном округе, Омский и Московский нефтеперерабатывающие заводы, две нефтебазы (в Омске и Калуге), а также АЗС в Центральном и Сибирском федеральных округах.

АИС «Нефтеконтроль» в рамках пилотного проекта была создана в 2015 году. За счет роста уровня автоматизации измерений почти вдвое (с 45 до 85%) удалось повысить достоверность учета нефти и нефтепродуктов, сократить потери по качеству и количеству.

При этом процесс формирования отчетности был очищен от субъективных факторов (в первую очередь, человеческого), что повысило его точность и прозрачность. Успешно была решена и одна из ключевых задач проекта - организация сквозного контроля качества продукта по всей цепи создания стоимости.

В системе «Нефтеконтроль» задействован целый блок технологий Индустрии 4.0: интернет вещей для получения данных о движении нефти и нефтепродуктов, озеро для хранения и обработки разрозненной информации, машинное обучение для ее анализа и обработки.

По сути, система превращает нефть и нефтепродукты в умный продукт, о качестве и местонахождении которого компания знает на протяжении всего жизненного цикла - от обнаружения в недрах земли до бензобака автомобиля. Кроме того, она выявляет зоны неэффективности, показывает, какие типовые узлы необходимо корректировать или автоматизировать.

В сбытовом сегменте цифровая стратегия компании направлена на эффективное взаимодействие с потребителем, обеспечение его лояльности и получение максимально полной информации о потребностях клиента, так как на этих данных строится маркетинговая программа. В мобильном приложении сети АЗС «Газпромнефть» представлены такие востребованные услуги как управление участием в бонусной программе, информирование о ценах на топливо и его наличии на конкретных станциях, онлайн-консультации и формирование отзывов о конкретных АЗС. Таким образом, компания получила действенный инструмент прямого общения с клиентом, оперативную обратную связь и возможность управления лояльностью.

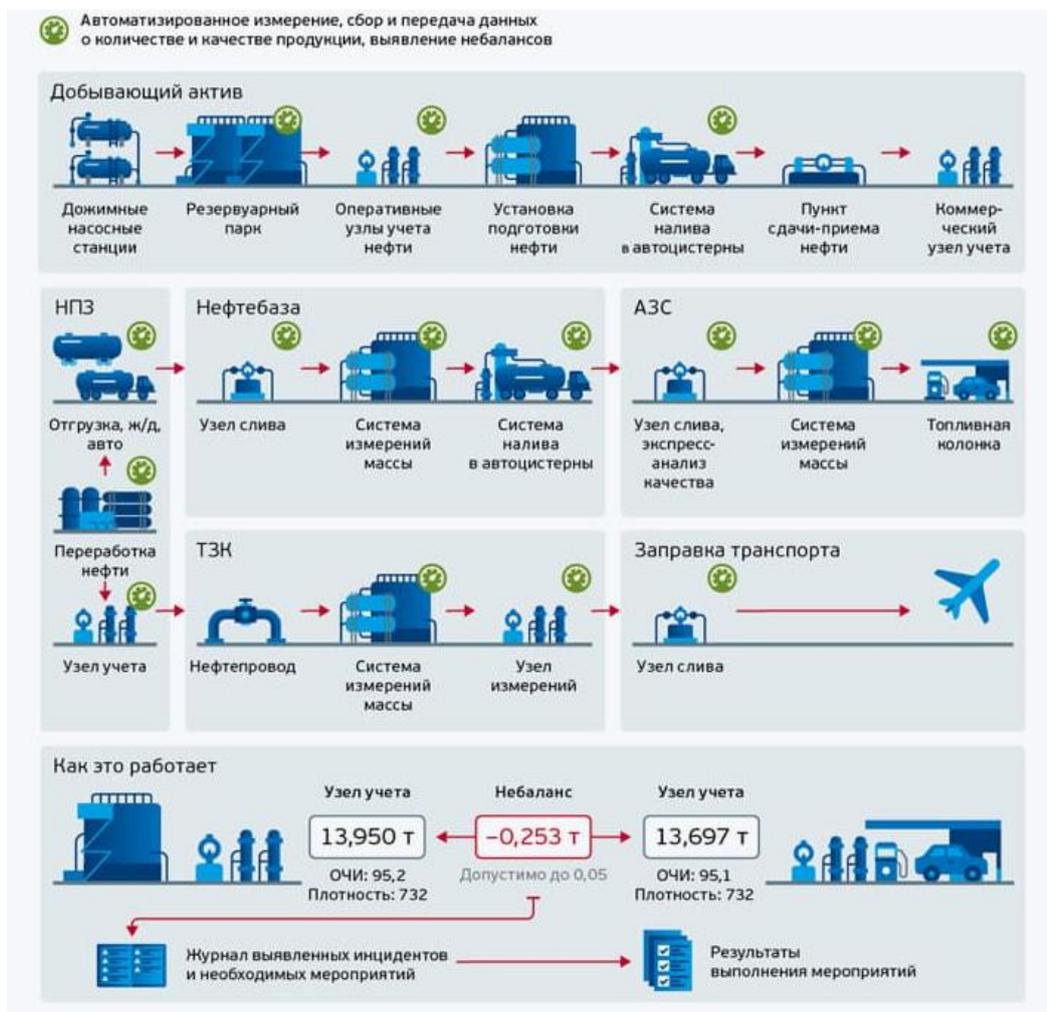


Рисунок 3.6.4 – Достижения пилотного проекта «Нефтеконтроль»

В рамках проекта «умная логистика» компания стремится поддерживать все отношения поставщика и потребителя услуг - в режиме реального времени, через приложения и цифровые платформы. Примерно такую же систему управления логистикой строит и оператор битумного бизнеса «Газпром нефти» - компания «Газпромнефть-Битумные материалы». Удобный веб-интерфейс позволит выбрать необходимый продукт и заказать его из любой точки мира, где есть доступ к Интернету, при этом указав в какое время и в каком объеме нужен битум. Обязательные опции: постоянный доступ к информации, подтверждающей качество отгруженной продукции, и возможность отслеживания в режиме реального времени движения заказанной партии. Впрочем, личный кабинет контрагента «Газпромнефть - Битумных материалов» практически все это позволяет сделать в режиме реального времени: в личном кабинете можно отправить заявку, посмотреть паспорт качества конкретной партии любого продукта, отследить факт отгрузки и провести финансовые расчеты.

Проекты цифровизации: ПАО «ФСК ЕЭС»

ФСК - одна из крупнейших электросетевых компаний мира. В зоне ответственности ФСК находятся порядка 143,2 тысяч километров высоковольтных магистральных линий электропередачи и 946 подстанции общей установленной мощностью более 347,3 тысяч МВт. Компания обеспечивает надежное энергоснабжение потребителей в 77 регионах России. ФСК входит в «Россети», крупнейший энергетический холдинг страны, которому принадлежит 80,13% акций компании.

Компания планирует инвестировать более 50 миллиардов рублей в программу цифровизации в течение ближайших пяти лет. Одно из основных направлений работы - цифровая подстанция (ЦПС). Эти технологии позволят снизить аварийность, повысить

собираемость и качество анализа данных. Цифровые подстанции в перспективе дадут экономию на проектировании и строительстве до 20%, на эксплуатации - до 40%. Вдвое сократится срок проектирования.

В ЕНЭС уже появилось несколько сетевых объектов, в которых комплексно реализованы цифровые технологии: переключательный пункт 500 кВ «Тобол» в Тюменской области и подстанция 110 кВ «Медведевская» в Сколково. С 2006 г. компания внедряет цифровые технологии по международному стандарту МЭК 61850. Частично цифровизировано уже почти 200 объектов, что позволило компании снизить объем профилактического обслуживания оборудования за счет удаленного мониторинга и самодиагностики. Кроме того, Федеральная сетевая компания внедряет в сферу инжиниринга сервис цифрового проектирования систем управления подстанциями с использованием типовых решений. Программный комплекс создается на базе российской платформы САПР. В проекте задействованы специалисты Научно-технического центра ФСК ЕЭС, Системного оператора и производителей оборудования.

ФСК - одна из крупнейших электросетевых компаний мира. В зоне ответственности ФСК находятся порядка 143,2 тысяч километров высоковольтных магистральных линий электропередачи и 946 подстанции общей установленной мощностью более 347,3 тысяч МВт. Компания обеспечивает надежное энергоснабжение потребителей в 77 регионах России. ФСК входит в «Россети», крупнейший энергетический холдинг страны, которому принадлежит 80,13% акций компании.

Компания планирует инвестировать более 50 миллиардов рублей в программу цифровизации в течение ближайших пяти лет. Одно из основных направлений работы - цифровая подстанция (ЦПС). Эти технологии позволят снизить аварийность, повысить собираемость и качество анализа данных. Цифровые подстанции в перспективе дадут экономию на проектировании и строительстве до 20%, на эксплуатации - до 40%. Вдвое сократится срок проектирования.

В ЕНЭС уже появилось несколько сетевых объектов, в которых комплексно реализованы цифровые технологии: переключательный пункт 500 кВ «Тобол» в Тюменской области и подстанция 110 кВ «Медведевская» в Сколково. С 2006 г. компания внедряет цифровые технологии по международному стандарту МЭК 61850. Частично цифровизировано уже почти 200 объектов, что позволило компании снизить объем профилактического обслуживания оборудования за счет удаленного мониторинга и самодиагностики. Кроме того, Федеральная сетевая компания внедряет в сферу инжиниринга сервис цифрового проектирования систем управления подстанциями с использованием типовых решений. Программный комплекс создается на базе российской платформы САПР. В проекте задействованы специалисты Научно-технического центра ФСК ЕЭС, Системного оператора и производителей оборудования.

Технические проблемы, которые могут быть эффективно решены с применением технологии ЦПС:

- Снижение затрат на наладку и последующее обслуживание
- Повышение надёжности и наблюдаемости ПС
- Снижение времени выведенного состояния оборудования (вывод оборудования только при неисправности)
- Уменьшение количества технологических нарушений (непрерывная диагностика оборудования и цепей)
- Оптимизация численности оперативного персонала (дистанционный вывод/ввод оборудования)
- Возможность интеграции различных производителей
- Переход на обслуживание «по состоянию»
- Отработка технологии проектирования ЦПС
- Отработка технологии монтажа и наладки ЦПС

Другим важным направлением цифровизации является телеуправление. К 2025 году все подстанции ФСК планируется обеспечить цифровой связью с возможностью удаленного управления из единых центров. С 2015 года реализуется пилотный проект на трех подстанциях в Санкт-Петербурге и трех в Краснодарском крае. Технология позволяет вывести на новый уровень качество и скорость управления режимами работы, нивелировать риски ошибок персонала, снизить расходы на эксплуатацию.

В настоящее время ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» имеет утвержденную правлением программу оснащения подстанций системами дистанционного управления (телеуправления), в которую входят более 100 объектов напряжением 110–500 кВ и модернизация программно-аппаратных комплексов ряда центров управления сетями.

Другим важным направлением цифровизации является телеуправление. К 2025 году все подстанции ФСК планируется обеспечить цифровой связью с возможностью удаленного управления из единых центров. С 2015 года реализуется пилотный проект на трех подстанциях в Санкт-Петербурге и трех в Краснодарском крае. Технология позволяет вывести на новый уровень качество и скорость управления режимами работы, нивелировать риски ошибок персонала, снизить расходы на эксплуатацию.

В настоящее время ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» имеет утвержденную правлением программу оснащения подстанций системами дистанционного управления (телеуправления), в которую входят более 100 объектов напряжением 110–500 кВ и модернизация программно-аппаратных комплексов ряда центров управления сетями.

Программа цифровизации РусГидро формировалась как инструмент совершенствования технологических и операционных процессов, достижения нового уровня сервиса. При этом была цель сделать «дорожную карту», в которой будут четко прописаны целевые показатели и пути их достижения. В программе было выделено несколько основных направлений цифровизации:

- обеспечение процессов управления генерирующих и электросетевых объектов структурированной технологической информацией и, как следствие, создание технологической основы для реализации методологии ремонтов по техническому состоянию;
- создание инфраструктуры для сбора, обработки, хранения и передачи технологической информации на верхние уровни управления;
- создание технической возможности для дистанционного управления режимами работы устройств и систем;
- применение современных технологий для информационного взаимодействия с внешними организациями.

Программа цифровизации включает в себя больше 20 проектов со сроком реализации не позже 2022 года, охватывающих практически все направления бизнеса компании: гидро- и теплогенерацию, сетевое хозяйство, сбытовую деятельность.

1. Рациональное управление

Проект: реализация пилотного проекта «Системы рационального управления составом агрегатов (РУСА)».

Цель: повышение эффективности работы станций за счет эксплуатации гидроагрегатов в зоне максимального КПД

2. Цифровой диспетчер

Проект: организация подключения системы доведения плановых диспетчерских графиков до системы группового регулирования активной мощности ГЭС ПАО «РусГидро»

Цель: повышение точности и оперативности обмена информацией между Системным оператором и энергообъектами

3. Цифровой двойник

Проект: внедрение «цифровых двойников» станций

Цель: повышение эффективности работы станций, за счет выбора оптимального режима работы и предотвращения нештатных ситуаций. Суть проекта: «цифровой двойник» является виртуальной моделью, которая автоматически собирает, вводит, анализирует и выводит информацию со своего прототипа. Это дает возможность своевременно выявлять возникающие проблемные зоны сооружений или оборудования, оптимизировать сроки проведения и стоимость ремонтов, повышать эффективность работы за счет более рационального использования ресурсов. Во ВНИИГ уже разрабатывают расчетные модели гидротехнических сооружений, обладающие высокой степенью детализации и приближения к натурным данным.

В настоящее время в мировой практике разработан целый ряд показателей оценки международных проектов. Характер взаимосвязей между компаниями становится все более сложным, учитывая возможность кооперации интегрированных структур. Тем не менее, все разработанные методы расчета эффективности можно условно разделить на 2 группы:

1. Статистические (традиционные, простые, учетные) методы – основаны на учетных оценках и не учитывающие фактор времени. Денежные потоки, возникающие в разные моменты, рассматриваются как равноценные – не предполагающие использование концепции дисконтирования. К ним относятся: срок (период) окупаемости (PP) и учетная норма прибыли (ARR)/
2. Динамические (дисконтные, дисконтированные, временные методы) – основаны на дисконтированных оценках и учитывающие фактор времени. Денежные потоки, вызванные реализацией проекта, приводятся к сопоставимому виду с помощью дисконтирования, обеспечивая сопоставимость разновременных проектов. К ним относятся: чистый дисконтированный доход (NPV), индекс доходности (PI), внутренняя норма доходности (MIRR), дисконтированный срок окупаемости (DPP).

Для первичного анализа и ранжирования проектов нередко применяются статические методы. При разработке среднесрочных и долгосрочных проектов важно учитывать изменения стоимости финансовых средств во времени, поэтому использование динамических методов представляется оптимальным.

Задание

1. Определить возможные направления деятельности компании, подлежащие цифровизации, и составить план цифровой трансформации до 2025г.
2. В каждом пункте плана определить и указать КПЭ (ключевые показатели эффективности) и/или описать достигаемый результат.
3. В каждом пункте плана обосновать предложенные решения по критериям технологической и экономической эффективности.
4. Определить перечень изменений в бизнес-модели компании с учетом внедрения плана цифровизации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

CBM	- Condition-Based Maintenance
FACTS	- Flexible alternative current Transmission Systems – Управляемые (гибкие) системы передачи переменного тока
MBF	- Mini blast furnace
NPV	- чистая текущая стоимость
PM	- Predictive Maintenance
RCM	- Reliability-Centered maintenance
RTF	- Run-to-Failure
SCADA	- Supervise control and data acquisition – Автоматизированная система диспетчерского управления (ОИК Диспетчера)
TBM	- Time-Based Maintenance
АО «СО ЕЭС»	- Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы»
АСДУ	- Автоматизированная система диспетчерского управления
АСМД	- Автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования
АСУ ТП	- Автоматизированная система управления технологическими процессами
АТР	- Азиатско-Тихоокеанский регион
АЭС	- Атомная электрическая станция
БАМ	- Байкало-Амурская магистраль
БРИКС	- группа из пяти стран: Бразилии, России, Индии, КНР и ЮАР
ВЛ	- Воздушная линия электропередачи
ВН, СН, НН	- Высшее, среднее, низшее напряжение
ВНХК	- Восточной нефтехимической компании
ВРП	- валового регионального продукта
ВЭС	- Ветровая электростанция
ГКЗ	- Государственная комиссия по запасам
ГОК	- Горно-обогатительный комбинат
ГПЗ	- Газоперерабатывающий завод
ГПП	- Главная понижающая подстанция
ГРЭ	- Геологоразведочная экспедиция
ГРЭС	- Государственная районная электростанция
ГЭС	- Гидроэлектростанция
ДСП	- Дуговая сталеплавильная печь
ДВФО	- Дальневосточный федеральный округ
ЕНЭС	- Единая национальная электрическая сеть
ЕЭС	- Единая энергетическая система
ИПД	- Интенсивная пластическая деформация
КЗ	- Короткое замыкание
КЛ	- Кабельная линия электропередачи
КПД	- Коэффициент полезного действия
КСВД	- Концентраторы синхронизированных векторных данных
КТС	- Комплекс технических средств
ЛПЭНП/ПЭВП	- Линейный полиэтилен низкой/высокой плотности
ЛЭП	- Линия электропередачи
МТБЭ	- Метил-трет-бутиловый эфир
МЭС	- Магистральные электрические сети
НЧК	- Низкочастотные колебания
ОЗП	- Осенне-зимний период
ОИК	- Оперативный информационный комплекс диспетчера

ОШ	- Ошиновка
ОЭС	- Объединённая энергетическая система
ПА	- Противоаварийная автоматика
ПАО «МРСК»	- Межрегиональная распределительная сетевая компания
ПАО «Россети»	- Российские сети
ПАО «ФСК	- Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания
ЕЭС»	- Единой энергетической системы»
ПАТЭС	- Плавающую атомную электростанцию
ПГВ	- Подстанция глубокого ввода
ПМЭС	- Предприятие магистральных электрических сетей
ПС	- Подстанция
ПТК	- Программно-технический комплекс
ПЭБ	- Плавающий энергоблок
ПЭР	- Параметры электроэнергетического режима
РА	- Режимная автоматика
РДУ	- Региональное диспетчерское управление
РЗМ	- Редкоземельные металлы
РМРС	- Российский морской регистр судоходства
РП	- Распределительный пункт
РПН	- Устройство регулирования напряжения под нагрузкой
РУ	- Распределительное устройство
СВИ	- Синхронизированные векторные измерения
СМЗУ	- Система мониторинга запаса устойчивости
СМП	- Северный морской путь
СМНР	- Система мониторинга переходных режимов
СОУ	- Сезонное охлаждающее устройство
СПГ	- Сжиженного природного газа
СУУТП (АРС)	- Система усовершенствованного управления производственным процессом
СШХ	- Северный широтный ход
СЭнМ	- Система энергетического менеджмента
СЭС	- Солнечная электростанция
ТИ	- Телеинформация, телеизмерения
ТОиР	- Техническое обслуживание и ремонт
ТОР	- Территория опережающего развития
ТЭР	- Топливо-энергетические ресурсы
ТЭС	- Тепловая электрическая станция
ТЭЦ	- Теплоэлектроцентраль
УКП	- Установка «печь-ковш»
УСВИ	- Устройство синхронизированных векторных измерений
УФК	- Ультрафиолетовый контроль
ХАРГ	- Хроматографический анализ растворённых газов (хроматография трансформаторного масла)
ЦГФУ	- Газофракционирующее производство
ЦПС	- цифровая подстанция
ЦУЭ	- Центр управления эффективностью
ШСГП	- Широкополосный стан горячей прокатки
ШФЛУ	- Широкая фракция легких углеводородов
ЩЗМ	- Щелочноземельные металлы
ЭСПЦ	- Электросталеплавильный цех
ЭЭС	- Электроэнергетическая система

ПРИЛОЖЕНИЕ А
КОНСОЛИДИРОВАННЫЙ СПИСОК КЕЙСОВ С КОДАМИ

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
Геологоразведка	Г2017О	Сквозь тысячелетия	2017	Сквозь тысячелетия	Красноярский край, Палемское золото-сурьмяное месторождение		21.05.02 Прикладная геология, 21.05.04 Горное дело, 27.04.03 Системный анализ и управление
	Г2017Ф	В поисках сокровищ	2017	Разработка проекта геологоразведочных работ	Стольное месторождение		21.05.02 Прикладная геология, 21.05.04 Горное дело, 27.04.03 Системный анализ и управление
	Г2018ОАР	Гранаты Арктики	2018	Разработка программы геологоразведочных работ, оценка инвестиций для проведения ГРР	Архангельская область, г. Северодвинск		21.05.02 Прикладная геология, 21.05.04 Горное дело, 27.04.03 Системный анализ и управление
	Г2018ФАР	Сокровища Арктики	2018	Сокровища арктики	Арктическая зона России, Шамрицкое золото-серебряное месторождение Анадырский район Чукотского автономного округа (ЧАО)		27.04.08 Управление, 21.05.02 Прикладная геология, 27.04.03 Системный анализ и управление, 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 27.04.07 Научные технологии и экономика, 21.05.04 Горное дело
	Г2019ОЦТ	На заре инноваций 2.0	2019	На заре инноваций 2.0	3 км к востоку от г. Удачный Мирнинского района Республики Саха (Якутия)	АК «АЛРОСА» (ПАО)	27.04.08 Управление, 21.04.01 Нефтегазовое дело, 21.05.02 Прикладная геология, 27.04.03 Системный анализ и управление, 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 27.04.07 Научные технологии и экономика, 27.04.08 инноваций интеллектуальной собственностью

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
Горное дело	ГД2017О	Разрез свободный	2017	Добыча угля	Хабаровский край		21.05.04 Горное дело
	ГД2017Ф	Перспективные горизонты	2017	Разработка месторождения, создание производственного плана	Иркутская область		21.05.04 Горное дело
	ГД2018О АР	Уголь Арктики	2018	Разработка угольного месторождения	Республика Якутия		21.05.04 Горное дело
	ГД2018Ф	Зырянский уголь	2018	Горные работы, эксплуатация разреза	Республики Саха (Якутия)		21.05.04 Горное дело
	ГД2019О	Алмазная долина	2019	Добыча алмазов	Республика Саха (Якутия)	АК «АЛРОСА» (ПАО)	21.05.04 Горное дело
Металлургия	М2017О	Вторая жизнь	2017	Разработка концепции металлургического мини-завода	Самарская область		22.04.02 Metallurgy
	М2017Ф	Нижегородская перспектива	2017	Разработка концепции металлургического мини-завода	Нижегородская область		22.04.02 Metallurgy
	М2018О АР	Лед и сталь	2018	Производство хладостойких сталей		ПАО «Ленинск-Спецсталь»	22.04.02 Metallurgy
	М2018Ф АР	Стальная защита Арктики	2018	Использование электрической и тепловой энергии атомной электростанции при производстве ультрахладостойкого листового проката	Уральский федеральный округ	ПАО «ЕвразМеталл»	22.04.02 Metallurgy
	М2019О	Сила стали	2019	Повышение энергоэффективности производства проката, построение математической модели		ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»	22.04.02 Metallurgy
Нефтегазовое дело	Н2017О	Эффективная добыча	2017	Разработка комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности механизированной добычи	Республика Татарстан	ПАО "Татнефть"	21.04.01 Нефтегазовое дело, 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии
	Н2017О	Эффективная разработка	2017	Добыча углеводородов	Тюменская область ХМАО	Роснефть	21.04.01 Нефтегазовое дело
	Н2018О АР	Нефть Российской Арктики	2018	НЕФТЬ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	Арктическая зона России, континентальный шельф Российской Федерации	ПАО «НК «Роснефть»	27.04.08 Управление, 21.04.01 Нефтегазовое дело, 21.05.02 Прикладная геология, 27.04.03 Системный анализ и управление,

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
							18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 27.04.07 Научно-технические технологии и экономика, 27.04.08 инноваций интеллектуальной собственностью
	Н2018ФАР	Нефть Российской Арктики 2	2018	НЕФТЬ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	Арктическая зона России, континентальный шельф Российской Федерации	ПАО «НК «Роснефть»	27.04.08 Управление, 21.04.01 Нефтегазовое дело, 21.05.02 Прикладная геология, 27.04.03 Системный анализ и управление, 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 27.04.07 Научно-технические технологии и экономика, 27.04.08 инноваций интеллектуальной собственностью
	Н2019ОЦТ	Оптимизация и управление...	2019	Формирование проекта разработки месторождения, определение возможности цифровой оптимизации и удаленного управления месторождением		ПАО "Татнефть"	21.04.01 Нефтегазовое дело
	Э2019О	Объединение ОЭС Сибири и ОЭС Востока на параллельную работу	2019	Разработка мероприятий, позволяющих замкнуть сетевые транзиты для обеспечения электроэнергией железнодорожных магистралей	Сибирский федеральный округ, Дальний Восток	АО «Системный оператор Единой энергетической системы»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, 38.04.01 Экономика
Нефтехимия	НХ2018О	Тобольский нефтехимический кластер: новая формула интеграции и создания ценности	2018	Глубокая переработка побочных продуктов нефтегазодобычи	Тюменская область, г. Тобольск	ООО "Сибур Тобольск"	38.04.02 Менеджмент, 21.04.01 Нефтегазовое дело
	НХ2018Ф	Технологические драйверы	2018	Согласование динамики экономических показателей и	Нижегородская область и др.	ПАО «СИБУР ХОЛДИНГ»	38.04.02 Менеджмент, 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
		устойчивого развития		экологического результата посредством технологического развития			
	НХ2019О ЦТ	Цифровые решения и эффективность производства	2019	Применение цифровых решений в химической промышленности	Тюменская область, г. Тобольск	ООО «Сибур Тобольск»	21.04.01 Нефтегазовое дело, 09.04.02 Информационные системы и технологии
Цифровой атом	Ц2019О ЦТ	От инновационных систем к цифровым технологиям	2019	Разработка проекта внедрения средств программной роботизации		ГК «Росатом»	09.04.02 Информационные системы и технологии, 38.04.01 Экономика
Электроэнергетика	Э2017О	Быстринская энергия	2017	Проектирование системы электроснабжения горно-обогатительного комбината	Забайкальский край	Быстринский ГОК	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э2017О	Коронный разряд	2017	Проектирование и эксплуатация высоковольтных линий электропередач, снижение потерь электроэнергии в электрических сетях	Оренбургская область	ПАО «ФСК ЕЭС»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э2017Ф	Энергия забайкальских сокровищ	2017	Разработать единый комплекс мероприятий развития генерирующих мощностей и электросетевого комплекса	Забайкальский край	ПАО «ФСК ЕЭС»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э2018О АР	Электроснабжение районов в суровых климатических условиях	2018	Генерация электроэнергии в суровых климатических условиях	Дальневосточный федеральный округ	ПАО «РусГидро»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э2018О	Энергия на краю земли	2018	Разработка проекта по внешнему электроснабжению завода по сжижению природного газа	Ямало-Ненецкий автономный округ	АО «Системный оператор Единой энергетической системы»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э2018О АР	Северные сети	2018	Снижение аварийности и повышение надежности функционирования объектов электросетевого комплекса	Ямало-Ненецкий автономный округ	ПАО «ФСК ЕЭС»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
	Э20180 AP	Арктическая энергосистема	2018	Перспективы развития электрической сети	Ямало-Ненецкий автономный округ	ПАО «ФСК ЕЭС»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э20190	Развитие системы мониторинга переходных режимов ОЭС Востока	2019	Внедрение систем мониторинга переходных режимов	Республика Якутия	АО «Системный оператор Единой энергетической системы»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
	Э20190	Системы диагностирования силового трансформаторного оборудования и линий электропередач	2019	Диагностика силового трансформаторного оборудования и линий электропередач	Дальневосточный федеральный округ	ПАО «ФСК ЕЭС»	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Лига Молодых Специалистов	РЭН2018 AP	Новое интеграционное будущее Российской Арктики	2018	Развитие энергетических проектов в рамках опорных зон	Опорные зоны РФ в Арктике		Все направления
	ЭГМ2018	БРИКС: стратегический инновационный потенциал энергетического партнерства	2018	Оценка стратегического и инновационного потенциала проектов в рамках БРИКС			Все направления
	ЛМС2018 AP	Опорные зоны Российской Арктики	2018	Разработка стратегии инновационного развития и взаимной интеграции опорных зон Арктики	Ямало-Ненецкий автономный округ, п-ов Таймыр		13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, 23.00.01 Техника и технология наземного транспорта, 26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта
	ЛМС2018	Перспективы развития энергетики Дальнего Востока и о. Сахалин	2018	Присоединение энергосистемы о. Сахалин и Николаевского района на параллельную работу с ОЭС	о. Сахалин		Все направления

Направление	Код	Название кейса	Год издания	Тема	География	Название компании	Направление подготовки
1	2	3	4	5	6	7	8
	ЛМС 2019 ЦТ	Цифровизация Дальнего Востока	2019	Оценка стратегического и инновационного потенциала проектов в рамках ТОР ДВФО	Дальневосточный федеральный округ		Все направления
	ОК2019 ЦТ	Цифровая трансформация энергетической компании	2019	Возможные направления деятельности компании, подлежащие цифровизации, и составить план цифровой трансформации до 2025г.	Дальневосточный федеральный округ		Все направления

Атрибуты:

Первые буквы – название направления/лиги/мероприятия

- ГД-горное дело,
- Г-геологоразведка,
- Н-нефтегазовое дело,
- НХ - нефтехимия,
- Ц - цифровой атом,
- М-металлургия,
- Э -электроэнергетика,
- ЛМС - лига молодых специалистов,
- РЭН-российская энергетическая неделя,
- ЭГМ – электроэнергетика глазами молодежи,
- ОК – осенний кубок

Цифры - год публикации

О или Ф - отборочный или финальный этап

ЦТ - Цифровая трансформация, АР - Арктика – мега-тема

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНЫЙ КЕЙС: ОТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДО ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Сборник инженерных кейсов
по итогам научно-образовательной конференции «Метод инженерных кейсов:
достижения и вызовы будущего» с использованием материалов
Международного инженерного чемпионата «CASE-IN»

The background features a complex geometric design with various shades of blue and white. It consists of several overlapping triangles and polygons, creating a sense of depth and movement. The colors range from a deep, dark blue to a bright, light blue, with white spaces interspersed throughout the composition.

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2019

ТОМСК 2019