

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности  
(наименование института полностью)

---

20.04.01 Техносферная безопасность  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

---

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды в  
нефтегазовом и химическом комплексах  
(направленность (профиль) / специализация)

---

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Энергоэффективность и энергосбережение в организациях нефтегазового  
комплекса

---

Обучающийся

Ю.В. Мешкова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

канд. экон. наук, доцент А.Н. Суетин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Содержание

Введение .....	4
1 Нормативные требования по обеспечению энергоэффективности и энергосбережения в организациях нефтегазового комплекса .....	8
1.1 Проблемы и перспективы развития энергосбережения и энергоэффективности предприятий нефтегазового комплекса .....	8
1.2 Анализ нормативных требований по энергоэффективной и энергосберегающей эксплуатации объектов топливно-энергетических комплексов .....	14
1.3 Нормативные требования промышленной безопасности при энергоэффективной и энергосберегающей эксплуатации объектов топливно-энергетического комплекса .....	19
2 Мониторинг энергоэффективности и энергосбережения в организациях нефтегазового комплекса .....	26
2.1 Обеспечение безопасного энергоэффективного и энергосберегающего ведения технологических процессов на объектах топливно-энергетического комплекса .....	26
2.1.1 Необходимость мониторинга нефтеперерабатывающих производств .....	26
2.1.2 Влияние основных методов повышения энергоэффективности и энергосбережения на безопасность .....	28
2.2 Внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий для снижения потенциальных аварий на объектах .....	35
2.2.1 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности нефтеперерабатывающих производств как стратегия внедрения энергоэффективных и безопасных технологий .....	35
2.2.2 Интегрированная система контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего предприятия .....	41

3 Комплекс энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий для снижения потенциальных аварий на объектах топливно-энергетического комплекса .....	49
3.1 Анализ внедрения энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий для снижения потенциальных аварий на объектах .....	49
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых методов и средств снижения потенциальных аварий на объектах .....	68
Заключение .....	81
Список используемых источников .....	82

## Введение

Нефтегазовая отрасль представляет собой ведущий сектор экономики Российской Федерации, которая приносит значительных доход в бюджет страны. На территории страны сосредоточено примерно около 7% обще мировых исследованных запасов нефти и в три раза больше (около 23%) всех обнаруженных мировых запасов природного газа.

Важной причиной роста и развития экономики страны является создание здоровой конкурентоспособности и повышение энергоэффективности производств. Эффективность производства является одной из важных задач развития промышленного. На основании данных потребления топливно-энергетических ресурсов осуществляется грамотное управление производственными процессами: осуществляется мониторинг режимов технологических процессов, вносятся своевременные корректировки в изменение параметров технологического режима, производится своевременная замена морально-устаревшего производственного оборудования, его диагностика и ремонт, что в свою очередь оказывает благоприятное воздействие на управление производством в целом. В современной политической и экономической ситуации на мировом рынке особенно актуально рационально использовать топливно-энергетические ресурсы предприятия и целесообразно эксплуатировать основные средства предприятия с целью снижения расходов производства и повышения прибыли при неизменном или сниженном значении потребления ресурсов, тем самым повышая эффективность производства. Таким образом, вышеуказанное и определяет актуальность темы данной работы.

Объектом исследования является нефтеперерабатывающее предприятия Самарской области АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод».

Предметом исследования данной магистерской диссертации является

анализ и взаимосвязь интегрированной системы контроля энергоэффективности на управление и состояние технологического процесса нефтеперерабатывающего предприятия Самарской области АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод».

Гипотеза исследования состоит в том, что модернизация оборудования, внедрение искусственного интеллекта и другие способы повышения энергоэффективности оказывают влияние на состояния надежной и безопасной эксплуатации объекта.

Целью диссертационного исследования является анализ мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности и их влияние на обеспечение безаварийной эксплуатации производства на примере исследования существующей интегрированной системы контроля энергоэффективности с возможностью управления и диагностики технологическим процессом на АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследование проблем и перспектив развития энергоэффективности и энергосбережения нефтеперерабатывающих предприятий;
- анализ нормативных требований законодательных актов в сфере энергоэффективного использования ресурсов на промышленном предприятии;
- анализ нормативных требований законодательных актов в сфере обеспечения безаварийной эксплуатации объектов в рамках соблюдения требований промышленно безопасности;
- исследование необходимости мониторинга нефтеперерабатывающих производств;
- анализ методов, направленных на повышение энергоэффективности предприятия их и непосредственная роль в обеспечении безопасности производства;

- исследование результатов внедрения предлагаемой системы на промышленном предприятии влияние на показатели энергоэффективности и энергосбережения.

Основными методами исследования, применяемыми в данной магистерской диссертации, являются:

- анализ (исследование существующей нормативно-правовой базы);
- дедукция (логическая взаимосвязь и переход от общих знаний в области обеспечения промышленно безопасности к частному, а именно: к существующей установке нефтеперерабатывающего завода);
- конкретизация (выявление ключевых связей методов обеспечения энергоэффективности промышленного производства их характеристика);
- объяснение и наблюдение.

Основная научная новизна магистерской диссертации заключается в непосредственной связи методов повышения энергоэффективности и их положительном влиянии на обеспечение безаварийной эксплуатации производства.

Теоретическая значимость магистерской диссертации является частью некоторого фундамента вопроса энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства и определяет возможность выполнения дальнейшего более углубленного изучения влияния методов повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающих производств на безопасную и надежную эксплуатацию опасного объекта. [10].

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в непосредственном контроле за состоянием безопасности опасного производственного объекта АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод», а также взаимодействии и консультации сотрудников нефтеперерабатывающего предприятия в части соблюдения требований промышленной безопасности.

Практическая значимость состоит магистерской диссертации состоит в

использовании данных исследования для служб управления эффективностью технологических процессов на производственных предприятиях.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Теоретические материалы диссертационного исследования, а именно: влияние контроля состояния оборудования как один из методов повышения энергоэффективности опубликованы в сборнике журнала «Инновационные научные исследования».

На защиту выносятся следующие положения:

- непосредственное влияние основных методов повышения эффективности нефтеперерабатывающих производств на различные сферы жизни промышленного предприятия;

- федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, одна из стратегий развития энергоэффективной и энергосберегающей и безопасной модели развития не только предприятия, но и государства;

- система контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего предприятия.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников из 35 наименований; основной текст содержит 80 страниц, 5 таблиц, 16 рисунков.

## **1 Нормативные требования по обеспечению энергоэффективности и энергосбережения в организациях нефтегазового комплекса**

### **1.1 Проблемы и перспективы развития энергосбережения и энергоэффективности предприятий нефтегазового комплекса**

Население планеты Земля стремительно увеличивается и на сегодняшний день составляет 7,9 миллиардов человек. Увеличение населения планеты, развитие темпа и уровня жизни приводит к повышению расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), и как следствие, это приводит к увеличению цен на энергетические запасы. На основании вышеизложенного, одной из важных задач для населения является задача сохранения и повышение эффективного использования имеющихся ТЭР.

На фоне повышенного потребления человечеством возобновляемых и не возобновляемых источников энергии необходимо найти компромисс между уменьшением мировых запасов и увеличением потребления энергии, которое вызвано повышением темпов развития производственных мощностей. Внедрение рационально-разумной политики энергоэффективности при имеющемся уровне развития технологий и следованию требований по защите окружающей среды на уровне страны позволяет снизить потребления ресурсов и уменьшить уровень выбросов газов в атмосферу, замедлить темпы глобального потепления, а для промышленных предприятий – это уменьшение расходов на производство, увеличение производства товаров и услуг за меньший промежуток времени, повышение конкурентоспособности.

Для осмысления терминов «энергосбережение» и «энергоэффективность» следует обозначить определение и установить четкие разграничение между понятиями.

Основные толкования этих терминов изучены в работах Тиматкова В.В., Борголова Е.А., Бушуева В.В. По мнению специалистов, энергоэффективность - адекватное использование имеющихся ресурсов, а именно: обеспечение достойного уровня жизни населения, энергоснабжение производственных предприятий, технологических процессов таким же или меньшим количеством энергии. Под энергосбережением принято понимать совокупность различного рода мер, направленных на адекватное (разумное и экономичное) использование ТЭР, а также непосредственная работа по направлению возобновляемых источников энергии.

В 1995 году Всемирная энергетическая комиссия (WEC) определила «энергоэффективность» как «сокращение энергозатрат для предоставления эквивалентных энергетических услуг» [34]. С подачи Совета Безопасности России в мае 1996 года было приведено международное совещание на тему энергетической безопасности СНГ, в котором приняли участие представители правительства стран СНГ, руководители топливно-энергетических комплексов и энергосберегающих компаний. Участники Европейской экономической комиссии отметили энергосбережение как важный фактор повышения энергетической безопасности, и как следствия экономической и национальной безопасности [28].

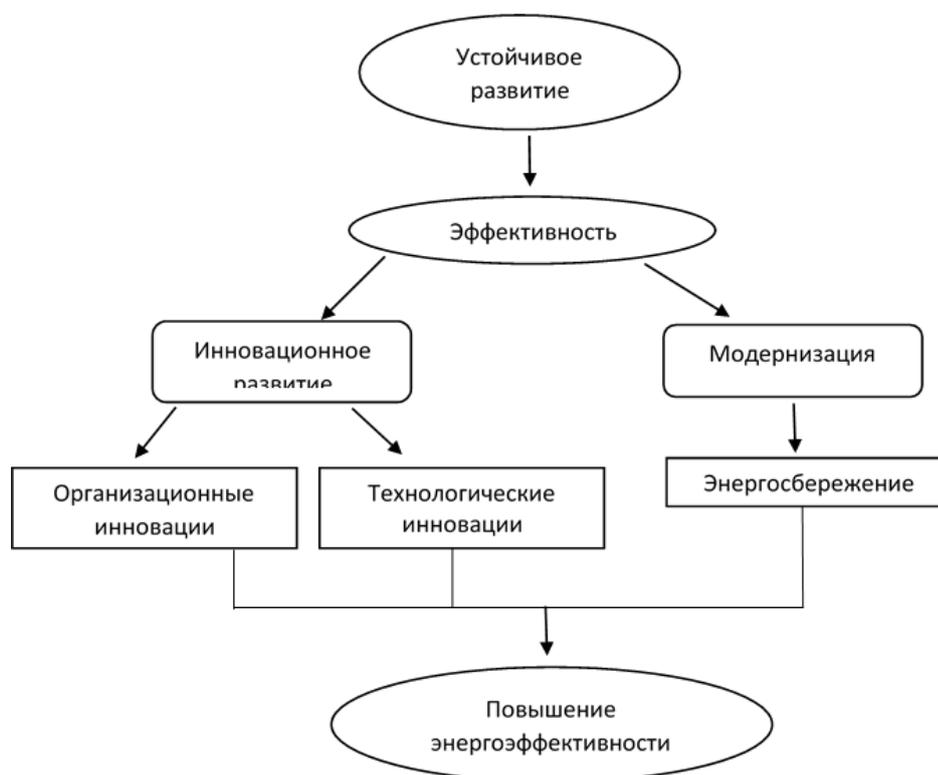
В конечном итоге, повышение энергоэффективности соединяет в себе не только мероприятия, направленные на увеличение коэффициент полезного действия, действия по оптимизации производственного процесса, улучшению качества производимой продукции и повышения ее экологичности, но и благотворно сказывается на повышении нематериальных активов, и как следствие к увеличению прибыли и наличия финансовой стабильности.

Снижение расхода энергии на производство «полезного» товара или услуги можно отнести к элементу увеличения энергоэффективности, в то время как изменения по уменьшению расхода энергии на выпуск или производство не относятся к энерго-технологиям.

Ключевыми результатами энергоэффективности можно считать:

- уменьшение расходов и затрат на единицу продукции;
- уменьшение расходов на обслуживание и жилищно-коммунальные услуги;
- уменьшение выбросов вредных веществ в окружающую среду;
- увеличение прибыльности и доходности предприятия;
- сохранение не возобновляемых природных богатств и ресурсов.

Необходимо заметить, что энергосбережение можно менее значимым показателем развития предприятия, так как оно включает в себя модернизацию технологических процессов, производств, плановую замену применяемого оборудования и устройств, что является плановым и систематическим элементом производства и не оказывает заметного скачка на качественном уровне в развитии компании. В то время как, увеличения показателя «энергоэффективности» способствует росту компании и является стратегическим процессом развития как компании, так и государства в целом, наглядно представлено на рисунке 1.



## Рисунок 1 – Роль энергосбережения и энергоэффективности в устойчивом развитии экономического субъекта.

Российская Федерация занимает одну из доминирующих позиций по объёмам и темпам производства и добычи ТЭР. Россия не только полностью обеспечивает себя энергетическими ресурсами, но и является ведущим экспортером в другие страны.

Нефтегазовый комплекс является лидирующим сегментом в экономике страны, который в основном задает темп и определяет курс экономической политики государства.

Экспорт энергетических ресурсов принес Российской Федерации прибыль в 2021 году равную 243,8 миллиарда долларов, что в 1,6 раза выше по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Главными экспортируемыми товарами нашей страны на текущий момент являются: сырая нефть, нефтепродукты, сжиженный и природный газ. являются нефть и газ, поэтому на текущий момент их добыча и дальнейшая реализация обеспечивают наибольшие налоговые поступления в бюджет страны.

Так, экспорт нефти вырос в 1,5 раза и увеличил прибыль государства до 111,0 миллиардов долларов, при уменьшении поставок сырой нефти на 3% с аналогичным периодом прошлого года, представленный на рисунке 2.

## Экспорт Российской Федерации сырой нефти

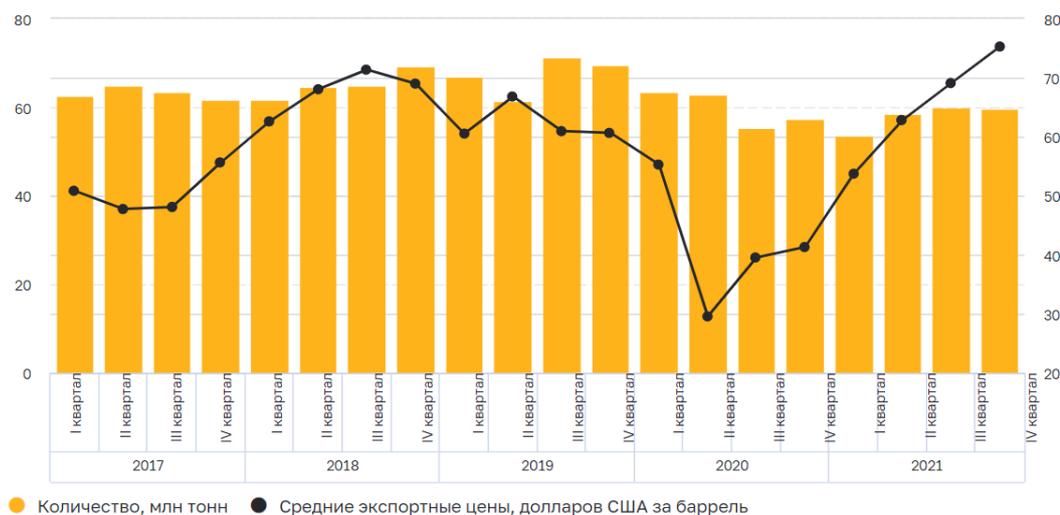


Рисунок 2 – Экспорт сырой нефти РФ.

К примеру, экспорт нефтепродуктов также в 2021 году увеличился в 1,5 раза и принес прибыль на 24,6 миллиарда долларов больше по сравнению с предыдущим годом, при этом объемы поставки увеличились лишь на 2%, представленный на рисунке 3.

## Экспорт Российской Федерации нефтепродуктов

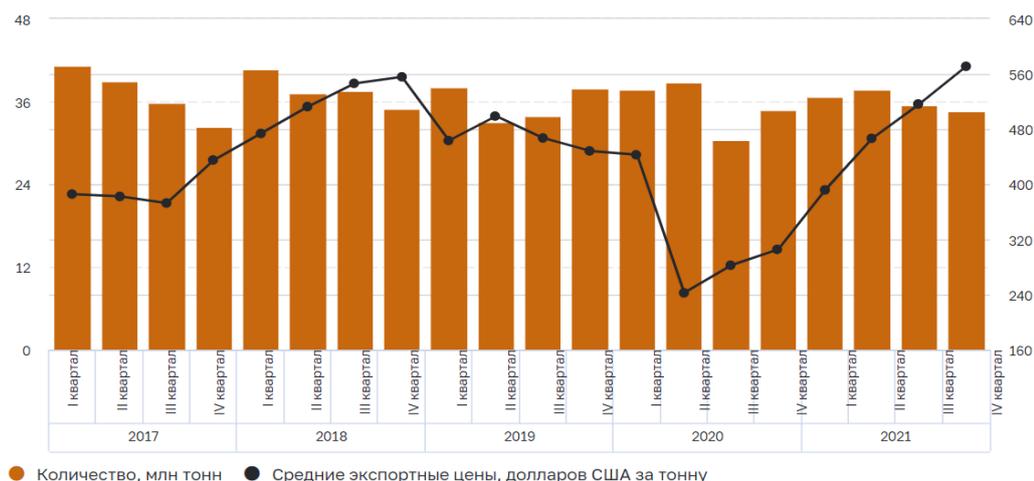


Рисунок 3 – Экспорт нефтепродуктов РФ.

Экспорт природного газа по сравнению с 2020 годом увеличился в 2,2 раза и принес прибыль в бюджет государства равную 55,5 миллиардов долларов, однако объемы поставки остались практически на том же уровне, наглядно можно увидеть на рисунке 4.

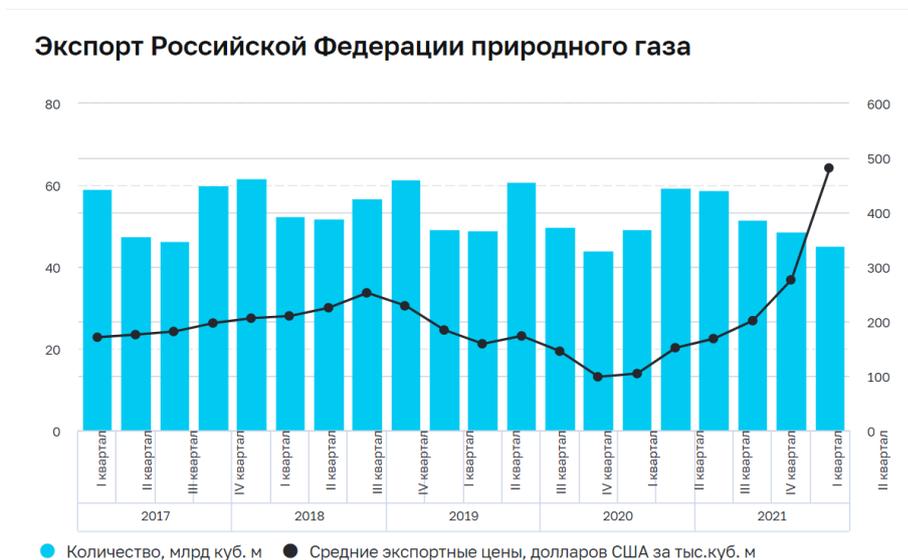


Рисунок 4 – Экспорт природного газа РФ.

Доход от экспорта сниженного природного газа вырос на 9%, однако, поставки и вовсе сократились на 3% по сравнению с 2020 годом, наглядная иллюстрация на рисунке 5.

## Экспорт Российской Федерации сжиженного природного газа

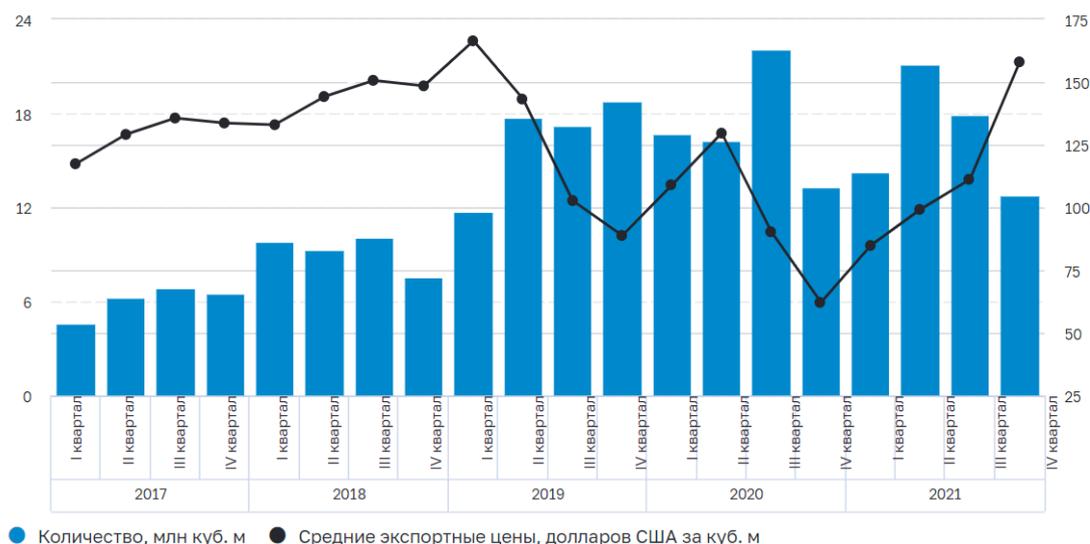


Рисунок 5 – Экспорт СПГ РФ

### 1.2 Анализ нормативных требований по энергоэффективной и энергосберегающей эксплуатации объектов топливно-энергетических комплексов

Недостаточно эффективное применение ТЭР остается одной из важных проблем развития как нефтегазовой отрасли, так и экономики страны в целом.

Одной из важнейших задач стратегического развития России является увеличение энергосбережения и энергоэффективности промышленных предприятий ТЭК. Государственная политика должна утверждать нормативно-правовые законодательные акты, которые позволят регулировать деятельность в сфере энергосбережения, но при этом, государство должно выступать как контроллер и выявлять не только полное соответствие/несоответствие нормам и требованиям, а также способствовать и поддерживать стремление компаний по доведению производственных мощностей до действующих правил.

Важной особенностью законодательства РФ в области энергосбережения является внедрение в ряде субъектов законов регионального уровня об энергосбережении, включающих в себя статьи прямого действия и интегрирующих некоторые положения ФЗ «Об энергосбережении».

Государственной думой РФ 11 ноября 2009 года принят закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [17]. Данный закон утверждает принципы правового регулирования, закрепляет полномочия органов государственной власти в сфере энергосбережения и энергоэффективности, а также регламентирует порядок и условия применения технологий, направленных на повышение энергосбережения.

Основные принципы правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности базируются на [17]:

- принцип рациональности применения ресурсов;
- составление плана по энергосбережению;
- поддержка стремления и развития предприятий в области энергосбережения;
- периодичность проведения и направленность мероприятий по повышению энергосбережения;
- применение дифференцированного подхода к использованию энергетических ресурсов в зависимости от различного рода условий (социальных, производственных, экологических).

Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» закрепляет ключевые требования в области энергосбережения [17].

Для возможности управления и регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности в [17] сформулированы также основные требования и ограничения:

- ограничение производства либо запрет на производство товаров с низкой энергоэффективностью, при наличии в достаточном количестве на рынке товаров с высокой энергоэффективностью;

- требования по обеспечению энергоэффективности строений, зданий, сооружений;

- требования по контролю за использованием ТЭР;

- требования к программе проведения энергообследования и к содержанию результатов;

- установление порядка исполнения обязательств, предусмотренных настоящим законом;

- другие меры государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Под техногенной опасностью подразумевается такое внутреннее состояние объекта, технической системы, оказывающее негативного воздействие в виде причинения ущерба в отношении человека и окружающей среды [6]. Причинами техногенных аварий на сегодняшний день являются чрезвычайные ситуации техногенного характера, оказывающие колоссальное негативное воздействие в виде причинение материального ущерба экономике и окружающей среде.

В данный момент выделяют следующие источники возникновения техногенных аварий [5]:

- производственные объекты (промышленные предприятия металлургической, химической и машиностроительной промышленности, предприятия ТЭК);

- естественные явления окружающей среды (землетрясения, цунами, ураганы и другое);

- социально-человеческий фактор (экстремизм, терроризм, преступления).

Любая система стремится к состоянию стабильности. Для предприятий топливно-энергетического комплекса это стремление к устойчивому состоянию выражается в определенном объеме выпуска готовой продукции, прибыльности, уменьшению количества инцидентов и аварий. Главной целью развития предприятий топливно-энергетического комплекса это постоянное увеличение финансовых доходов и удовлетворение желаний и запросов потребителей услуг в долгосрочной перспективе.

Основными целями энергетической политики в нефтеперерабатывающей сфере являются: оказание услуг потребителям в виде стабильной и бесперебойной поставке производимой продукции; совершенствование единой системы поставки нефти и нефтепродуктов; развитие структуры нефтепереработки для улучшения состояния экономики, создание здоровой конкуренции на рынке производства нефтепродуктов. Однако, в развитии энергетической безопасности нефтеперерабатывающего комплекса можно выделить следующие проблемы: инфраструктурные особенности транспортировки некоторых видов готовой продукции, недостаточная регулировка цен, отсутствие достаточной либерализации рынка.

На федеральном уровне для поддержания стабильности и развития ТЭК: в сфере законодательства разрабатываются нормативно-правовые акты, создающие и определяющие основы функционирования ТЭК; формируется система отношений в сфере экономики, завязанная на поставке топлива и энергетики; функционирует контрольно-надзорная деятельность в отношении энергетических систем, разрабатываются и утверждаются регламенты, технические нормы и стандарты; поддерживается конкурентоспособность. Нормативно-правовые акты в сфере энергетики

включают в себя: федеральные законы, указы президента и нормативные акты.

Центральным нормативно-правовым актом является федеральный закон от 21 июля 2011 года №256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса», который регламентирует организационные основы и определяет законодательную базу в сфере обеспечения безопасности ТЭК, определяет полномочия органов исполнительной власти в сфере энергетики, а также обязанности и полномочия владельцев объектов ТЭК [12].

В связи с возрастающей актуальностью сохранения энергетических ресурсов и необходимостью реализации политики в области энергосбережения Правительством РФ утверждена «Энергетическая стратегия развития России на период до 2030 года». Стратегия развития регламентирует вопросы эффективного использования ресурсов, обеспечивает рост экономики, направлена на укрепление внешних экономических позиций и повышения уровня достатка населения [29].

Указом президента РФ № 889 от 4 июня 2008 года «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» поставлена задача по снижению энергоёмкости отечественной экономики к 2020 году на 40 % [18].

Для выполнения поставленной задачи необходимо выполнить следующее:

- обеспечивать и поощрять инициативы компаний в рамках инновационной, энергосберегающей политики;
- обеспечивать функционирование и формирование благоприятной экономической среды для реализации полномочий ТЭК (антимонопольное и тарифное регулирование);
- внедрение стандартов, технических регламентов и норм, направленных на улучшение взаимодействия и стимулирующих развитие энергоэффективности;

- организованное управление собственностью государства в сфере энергетики.

Другим важным документом в области энергоэффективности можно считать государственную программу РФ, утвержденную постановлением Правительства РФ № 321 от 15.04.2014 г «Энергоэффективность и развитие энергетики» [13]. В декабре 2021 года внесены ряд изменений и дополнений в части оценки текущего состояния топливно-энергетического комплекса, описание целей и приоритетов в рамках реализации политики, задачи государственного регулирования и обеспечения национальной безопасности и другое.

Согласно стратегии повышения энергетической и экологической эффективности промышленных предприятия одной их важной задачей в нефтегазовой отрасли является реконструкция объектов добычи и транспортирования сырья, внедрении системы автоматизации и телекоммуникации, организация технологических процессов и улучшение систем контроля и мониторинга [35].

Основными целями политики в сфере энергетического развития страны для промышленных объектов на сегодняшний день является: поддержка инновации, в частности повсеместное внедрение систем искусственного интеллекта для обеспечения технологических процессов производств, развитие национальной экономики путем развития импорт замещения отечественными товарами и поддержание и развитие экологической.

### **1.3 Нормативные требования промышленной безопасности при энергоэффективной и энергосберегающей эксплуатации объектов топливно-энергетического комплекса**

Топливо-энергетический комплекс – это сложная система, объединяющая в себе процессы добычи, транспортировки, преобразования и потребления ТЭР. ТЭК включает в себя следующие группы, различающиеся

по отраслям, а именно: объекты электроэнергетики, объекты транспортировки, хранения и переработки газа, объекты добычи нефти, транспортировка, переработка нефти и нефтепродуктов, объекты переработки угля, торфа и их хранения, а также объекты теплоснабжения.

В соответствии со статьей 2 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [19], опасным производственным объектом (ОПО) можно считать предприятия, его обособленные части, такие как: участки, площадки или иные объекты, на которых используются, хранятся, получают и уничтожаются опасные вещества в определенных количествах. К ОПО также можно отнести объекты, использующие оборудование, применяемое под давлением более 0,07 МПа, стационарные или грузоподъемные механизмы, объекты сплавов цветных и черных металлов, объекты ведения горных работ и объекты хранения и переработки растительного сырья.

На основании обзора объектов ТЭК, можно сделать вывод, что объекты ТЭК относятся к ОПО. В связи с этим к объектам ТЭК предъявляются действующие требования законодательства в области промышленной безопасности.

Объекты, на которых перерабатываются, транспортируются используются и хранятся опасные вещества всегда сохраняют риск возникновения аварий, инцидентов, отклонений от заданного технологического процесса параметров, случаев производственного травматизма. В свою очередь, крупные промышленные компании ТЭК для снижения рисков возникновения негативных последствий направляют значительные средства в модернизацию, реконструкцию и доведение до норм опасные производственные объекты.

Однако, проблема нормативного сопровождения за соблюдением требований промышленной безопасности на сегодняшний день является одной из важных. Так со слов А.А. Устинова, для обеспечения безаварийной эксплуатации ОПО необходимо обеспечить динамичное изменение

законодательства в области промышленной безопасности, а именно: принятие нормативных актов, соответствующих техническому прогрессу, исключение противоречий и двойных толкований из ряда федеральных актов [24].

Для более полного и детального анализа проблемы правового обеспечения промышленной безопасности необходимо рассмотреть действующие нормы и правила. Стоит отметить, что нормативно-правовая база в области обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах в данный момент перетерпела ряд значительных изменений, связанных с необходимостью изменений в связи с усовершенствованием технологических процессов, модернизаций и реконструкций производств и типов применяемого оборудования, а также внедрение риск-ориентированного подхода. Так, в 2021 году произошла «Регуляторная гильотина», которая отменила действие более 25 нормативных актов и 155 документов Федеральной службы по экологическому, технологическому, а также атомному надзору. Целью, которой, стало упразднение избыточных, малоэффективных и изживших себя норм, и правил в области промышленной безопасности.

Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [19] на сегодняшний день является основным документом, регулирующим правовое обеспечение промышленной безопасности ОПО, и как следствие объектов ТЭК [22].

Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [19] закреплены основные понятия в области промышленной безопасности и даны их объяснения, стоит выделить такие понятия как: промышленная безопасность, опасный производственный объект, авария и инцидент. Закон утверждает комплекс мер, обеспечивающих безопасную эксплуатацию промышленных производств, эксплуатирующих опасные производственные объекты, а также

обязует эксплуатирующие организации разрабатывать меры и действия по локализации и ликвидации аварий.

Проводя анализ Федерального закона, необходимо отметить, что Правительством РФ регулярно идет обновление нормативной базы в сфере безопасности. В течение последних 5 лет в него внесены поправки в части правового обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов, а именно: классификация опасных производственных объектов по количеству содержащихся опасных веществ, об изменении политики в области экспертизы промышленной безопасности. В данный момент внесены некоторые изменения в Федеральный закон о промышленной безопасности, данный проект находится на рассмотрении Советом Государственной Думы РФ. В частности, изменениями вводятся такие понятия как: обследование технического состояния зданий и сооружений, специалист по обследованию, техническое диагностирование. Также, 25 января 2023 года Государственная Дума РФ в первом чтении приняла проект изменения федерального закона, в части, касающейся классификации опасных производственных объектов. В новой редакции, если при утверждении декларации безопасности объекта будет установлено, что опасные производственные объекты находятся вне зоны действия поражающего фактора, даже если расстояние будет менее 500 метров, то при установлении класса опасности учет суммарного количества вещества в радиусе 500 метров происходит не будет.

На основании федерального закона об обеспечении промышленной безопасности изданы нормативные правовые акты, конкретизирующие требования и имеющие направленность, но при этом не противоречащие основополагающему закону. В соответствии со статьей 4 [19] правовое регулирование в области обеспечения промышленной безопасности в отношении опасных производственных объектов устанавливается федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности.

Федеральным органом исполнительной власти в области обеспечения безопасной эксплуатации промышленных объектов на территории Российской Федерации является Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Главными нормативно-правовыми актами в области промышленной безопасности в нефтегазовом комплексе являются федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасной для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [14], «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [15], «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» [16]. Данные нормативные акты регламентируют требования промышленной безопасности в нефтегазовом комплексе с учетом специфики технологических процессов при разработке месторождений, транспортировке продукции до нефтеперерабатывающих производств и потребителя, а также с учетом специфических параметров процессов переработки нефти и нефтепродуктов.

Содержание федеральных норм в области промышленной безопасности можно условно поделить на следующие разделы:

- требования, предъявляемые к наличию и содержанию проектной документации, локальных нормативных документов организации;
- требования, предъявляемые к работникам и состоянию оборудования на опасном производственном объекте;
- требования по обеспечению безопасности технологического процесса;
- требования безопасности при возникновении нештатных ситуаций (аварий, инцидентов, отказов оборудования) и меры, направленные на локализацию и ликвидацию данных ситуаций.

Локальные акты юридического лица, направленные на создание и поддержание должного уровня безопасности на объекте, несомненно играют важную роль в системе правового регулирования. Локальные акты

устанавливают дополнительные меры безопасности учетом специфики производства, климатических особенностей, внутренней политики компании, но при этом не противоречащие государственному законодательству в сфере безопасности.

### **Основные выводы по главе 1:**

На основании анализа нормативных законодательных актов, патентов и источников специализированной литературы можно сделать вывод, что задача обеспечения энергоэффективности промышленных предприятий нефтегазовой отрасли является одной из ключевых для развития экономики страны. Однако, для реализации данного плана необходимы достаточно активные действия всех участников взаимоотношений: производителей, потребителей, контролирующих организаций, исполнительных и законодательных органов власти. На данный момент существует достаточный опыт программ по обеспечению энергоэффективности, но в то же время идет глобальная работа по разработке новых документов.

Рассмотрены основные нормативные документы в области обеспечения энергоэффективности промышленного предприятия. Как и любой другой качественный показатель деятельности промышленного предприятия, показатель «энергоэффективность» подразумевает под собой нормативно-правовую базу. По результатам анализа установлено, что федеральными законами и другими законодательно правовыми актами органов государственной власти РФ обеспечивается функционирование, взаимодействие, контроля, а также регулирование в сфере энергоэффективности и энергообеспечения. Энергоэффективность качественным показателем отдельного предприятия, который также в совокупности влияет на стратегию развития позиции страны на мировом рынке. Регулярно обновляются цели и приоритеты и задачи государства в части оценки сбережения энергетических запасов и развития энергетической

эффективности предприятий.

По результатам анализа нормативной документации в области промышленной безопасности можно сделать вывод, что в данный момент продолжает развиваться система законодательного сопровождения обеспечения безопасности опасных производственных объектов. Основным нормативным документом в данной отрасли на сегодняшний день остается Федеральный закон [19], который регулирует правовое обеспечение заданного уровня промышленной безопасности между государством и эксплуатирующей организацией. Однако за последние несколько лет формируется новая нормативная база и регулярно вносятся изменения в действующие законодательные акты. Требования главных законодательных актов в области промышленной безопасности, в частности федеральные нормы и правила в области обеспечения промышленной безопасности разработаны с учетом специфики нефтегазового комплекса и технологических процессов производства и добычи нефти и нефтепродуктов.

## **2 Мониторинг энергоэффективности и энергосбережения в организациях нефтегазового комплекса**

### **2.1 Обеспечение безопасного энергоэффективного и энергосберегающего ведения технологических процессов на объектах топливно-энергетического комплекса**

#### **2.1.1 Необходимость мониторинга нефтеперерабатывающих производств**

Нефтеперерабатывающее производство представляет собой сложную технологическую систему, сопровождающуюся частыми отклонениями от установленного режима, отказами, воздействием вредных и опасных производственных факторов, рисков, приводящих к возникновению аварийности, травматизма и несчастных случаев.

В соответствии с действующим законодательством большинство нефтеперерабатывающих производств, их участки, производственные площадки составляют опасные производственные объекты, которые можно отнести к объектам I или II класса опасности. В связи с чем, к нефтеперерабатывающим производствам отмечается целый ряд требований:

- повышенные требования к качеству безопасности производимого нефтепродукта со стороны экологического мониторинга;

- повышенный требования к безопасности технологических процессов, размещения и выбора типа применяемого оборудования, в частности, повышенные требования к автоматизации технологических процессов, обусловлены, за счет высокой пожаро и взрывоопасностью предприятий. Однако, по результатам анализа пожаров на нефтеперерабатывающих производствах можно сделать вывод, что причиной возникновения пожаров является совокупность случайностей, при этом единичное обстоятельство не

является причиной возникновения пожара, а только совокупность обстоятельств приводит к аварии [7];

- повышенные требования к контролю за состоянием окружающей среды и обеспечения здоровья на предприятии. Вредные и опасные производственные факторы, такие как: повышенный шум, общая и локальная вибрация, тяжесть и напряженность рабочего процесса, оказывают негативное влияние на здоровье работников.

Одной из важнейших задач нефтеперерабатывающего производства кроме управления технологическим процессом является задача обеспечения управления технологическим процессом. Под управлением технологическим процессом понимается стабильная эксплуатация оборудования в регламентируемых границах. Эксплуатация при отклонении от заданных режимов, возникающая за счет изменения состояния оборудования (отказ контрольно-измерительных приборов, средств автоматического поддержания давления и температуры, сбой в работе клапана и прочее) приводит к повышенным финансовым расходам и может повлечь наступление инцидента или аварии. В связи с этим, обеспечение эффективного и ресурсосберегающего применения оборудования является ключевой стратегией достижения энергоэффективности и энергосбережения производства.

Слаженное управление производственным процессом невозможно без наличия точных и достоверных данных о состоянии оборудования, модернизации и реконструкции площадок и производств. Каждое решение руководителя, касающееся изменения технологического процесса, вмешательства в процесс, должно быть основано на фактической и аналитической информации о причинах, периодичности ремонтных работ, снижениях производительности, отказах и аварийных ситуациях. Для сохранения устойчивости технологического процесса к различным возмущениям необходимо обеспечить постоянный контроль за факторами,

оказывающими непосредственное влияние на вывод системы из состояния равновесия.

Для анализа причин возникновения неисправностей, необходимо обеспечить постоянный мониторинг, то есть обеспечить диагностику наблюдаемого объекта в меньшем промежутке времени, чем время развития неисправностей. Достижение данной задачи возможно при делении диагностирования на периоды – этапы жизненного цикла наблюдаемого объекта. Для своевременного контроля и вмешательства в процесс необходимо обеспечить автоматическую передачу информации о результатах мониторинга лицам, ответственным за эксплуатацию наблюдаемого объекта.

Таким образом, основа безопасной и эффективной эксплуатации нефтеперерабатывающего производства — это применение современной системы мониторинга состояния, которая в реальном времени обнаруживает неисправности и отказы, анализирует их причины и развитие и при возникновении угрозы отказа, отклонения или аварийной ситуации своевременно оповещает производственный персонал.

### **2.1.2 Влияние основных методов повышения энергоэффективности и энергосбережения на безопасность**

Безопасная и надежная эксплуатация - главная задача развития топливно-энергетического комплекса. Основными условиями безопасной эксплуатации и прогресса любого предприятия топливно-энергетического комплекса можно считать:

- размеренное потребление и производство ТЭР;
- обеспечение единства в пределах работоспособных границ в кризисной ситуации;
- способность к развитию (внедрение инновационных технологий, инвестиции);
- увеличение показателей качественного роста (автоматизация производства, улучшение инфраструктуры, использование альтернативных видов топлив и другое);

-модернизация и реконструкция на всем промежутки жизненного цикла производства;

- конкурентоспособность и финансовая независимость.

Финансовая независимость, внедрение технологий, непосредственно влияющих на технический уровень производства, во многом зависит от владения предприятия основными средствами.

Грамотное управление основными средствами способствует снижению расходов на производство и сбыт продукции, увеличению рентабельности, и как следствие возникает источник дохода, который можно направить на внутренне обновление предприятия (замена морально изношенного оборудования, автоматизация технологических процессов).

Вопрос увеличения использования основных средств предприятия занимает центральное место в стратегии развития любого современного производства.

Эффективное применение основных средств предприятия благотворно влияет на оборачиваемости финансовых средств, что в конечном итоге, оказывает влияние на увеличение темпов обновления производства и, как следствие, на повышение безопасности [21].

Основные методы повышения эффективности производства:

- демонтаж и последующая утилизация ненужного оборудования и устройств;

- проведение технического диагностирования и ремонтов в установленные сроки для контроля морального и физического износа;

- применение и использование качественных средств и оборудования, внедрение автоматизации, искусственного интеллекта;

- постоянное повышение квалификации персонала, задействованного в технологическом процессе;

- использование качественного сырья для производства.

Стоит отметить, что на обновление материальной базы предприятия непосредственно влияет финансовое положение. Сложные экономические

условия заставляют пересматривать потоки расходования денежных средств, уменьшая расходы предприятия, чтобы сохранить прибыльность.

К особенностям производственного оборудования, задействованным в технологических процессах нефтеперерабатывающих производств, можно отнести: значительную стоимость, увеличенные сроки эксплуатации, и довольно быстрое обесценивание, в связи с динамичным и непрерывным научно-техническим прогрессом.

Производственное оборудование производственного предприятия является его основным средством. Количество технических устройств, подъёмных механизмов, перекачивающих аппаратов, а также их техническая оснащённость оказывают непосредственное влияние на качество и количество производимого сырья. То есть, оборудование и механизмы, задействованные в производственных процессах, оказывают влияние на долю готовой продукции. В то время как, здания и сооружения являются материальным балансом, незадействованным напрямую в производственном процессе.

Контроль текущего состояния, эксплуатация в заданных технологических параметрах, то есть поддержание оборудования в работоспособном состоянии, оказывает прямое влияние на показатели финансово-хозяйственной деятельности нефтеперерабатывающего производства. Эффективность нефтеперерабатывающего производства напрямую связана с наличием резервов и развитием оборудования. Рациональная эксплуатация оборудования оказывает влияние на все сферы промышленного предприятия: увеличение качества производимого сырья, повышение производительности, уменьшение себестоимости, снижение капитальных вложений [30].

С XV–XVI веков, а именно: с начала возникновения рыночных отношений в странах Европы возникает проблема увеличения эффективности применения производственного оборудования. [26]. Задача повышения эффективности становится наиболее актуальной в условиях нарастающей

конкуренции, усовершенствования производственного процесса, а также производства нового типа продукции [1].

На текущий момент резервы роста промышленного предприятия разделяются на внешние и внутренние факторы.

Под внешними факторами подразумеваются технические возможности предприятий, которые возникают в результате научно-технического прогресса мировой экономики. [25]. Повышение эффективности использования внешних резервов производственного оборудования является необходимостью для стабильного увеличения производительности, а также роста инноваций промышленных предприятий [11]. Инновации являются одним из основных показателей роста экономики предприятия. Внедрение в производство новых технологий увеличивает объемы выпускаемой продукции, при неизменном количестве задействованного живого труда.

Кроме внешних резервов, стоит отметить и внутренние резервы роста производственного оборудования. Под внутренними резервами понимается совокупность организационно-технических возможностей, которые связаны с состоянием и загруженностью оборудования. Стоит отметить прямую зависимость между параметрами внутреннего развития производственного оборудования и его уровнем загрузки, а именно: чем некачественнее оборудование и ниже его уровень использования, тем больше внутренний резерв развития эффективности. Наличие прямой зависимости состояния оборудования и его загруженностью отражают важность оценки состояния производственного оборудования [8].

Однако, при оценке загруженности производственного оборудования не стоит забывать про безопасную эксплуатацию.

Можно выделить три этапа жизненного цикла оборудования:

- период пуска и обкатки оборудования;
- период эксплуатации;
- период за нормативным сроком эксплуатации.

На рисунке 6 представлена характеристика интенсивности возникновения отказов оборудования при его нормальном (А) и повышенном режиме (Б) от времени эксплуатации.

В период пуска и обкатки оборудования основным фактором возникновения отказов являются производственные и заводские дефекты, период эксплуатации характеризуется возникновением постоянно возникающих внезапных отказов, в период эксплуатации интенсивность возникновения отказов увеличивается. Кроме того, на количество отказов прямое влияние оказывает продолжительность и размер нагрузки, на графике четко отражена зависимость увеличения интенсивности отказов при увеличенных параметрах работы, при этом уменьшается продолжительность «жизненного цикла» объекта, происходит преждевременное старение.

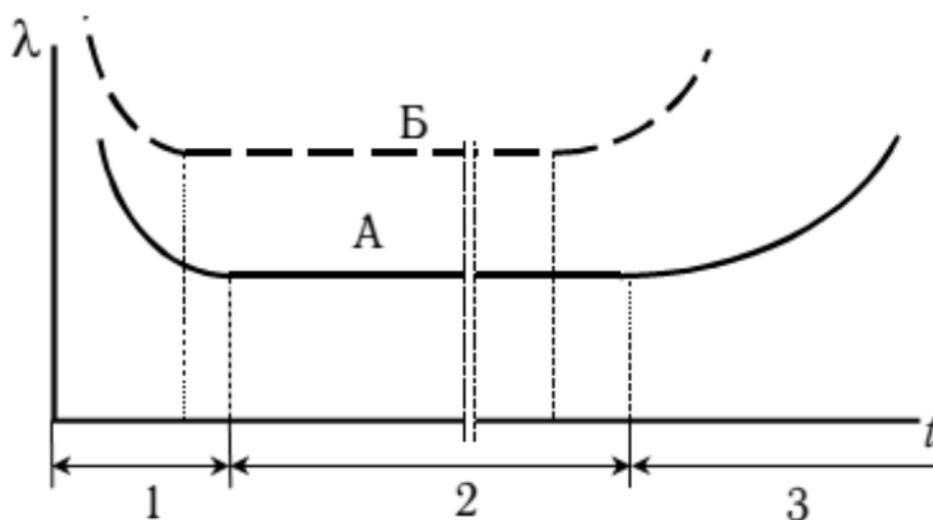


Рисунок 6 – Зависимость интенсивности возникновения отказов оборудования при его нормальном (А) и повышенном режиме (Б) от времени эксплуатации.

Таким образом, эффективное применение производственного оборудования является важным аспектом роста и развития предприятия, и как следствие, напрямую влияет на увеличение его эффективности [27].

Неблагоприятная внешняя обстановка (финансовые-кризисы, санкции западных стран) оказывает негативное воздействие на развитие нефтеперерабатывающих производств, а именно: снижаются темпы модернизации, происходит старение основного фонда, уменьшения финансирования научно-технических разработок, уход квалифицированных сотрудников. Все вышеперечисленное оказывает существенное влияние на безопасность выполнения технологических процессов и производств на опасном производственном объекте.

При этом, главным элементом обеспечения безаварийной эксплуатации опасного производственного объекта является внедрение в производство систем автоматизации и контроля технологических процессов, а также систем штатной и аварийной диагностики [9]. В основе их создания лежит анализ вероятности возникновения нештатных, предаварийных и аварийных случаев в технических системах.

В анализе оцениваются критические явления и динамика основных процессов деформации и разрушения объектов (технических устройств, сооружений, зданий) в нештатных, предаварийных и аварийных ситуациях, непосредственно влияющих на прогнозирование состояния систем. Основанием такого анализа является аксиома возникновения и развития деформаций в основных элементах оборудования, которые, в конечном итоге, приводят к отказам, повреждениям или полному разрушению объекта. Частичное или полное разрушение оборудования под влиянием поражающих факторов является непосредственным фактом произошедшей аварии.

Для достоверности и повышения показателей исследования необходимо посмотреть на объект с трех позиций безопасности:

- соответствие объекта (элементов, конструкции) требованиям завода-изготовителя, паспортным и проектным характеристикам;
- безопасность объекта в технологическом процессе;
- безопасность объекта в системе (соотнесение типов объектов и количества вероятностей возникновения отказов, повреждений и аварий).

В диагностировании объектов можно выделить основные этапы [3]:

- эксплуатация в регламентированных значениях;
- предаварийная ситуация;
- авария
- ликвидация и локализация последствий аварии.

Увеличение ресурса жизненного цикла, повышение надежности оборудования, процессов для предотвращения возникновения нештатных и аварийных ситуаций – можно считать главной целью диагностирования объектов нефтеперерабатывающего производства [2].

Диагностирование объектов нефтеперерабатывающего производства выполняет следующие задачи:

- обеспечивает постоянный сбор и анализ информации от объекта для предотвращения возникновения аварийных ситуаций;
- снижает негативное последствие результатов возникновения отклонений, отказов, аварийных ситуаций;
- проводит оперативное оповещение о чрезвычайных ситуациях.

Классификация методов технического диагностирования представлена на рисунке 7.

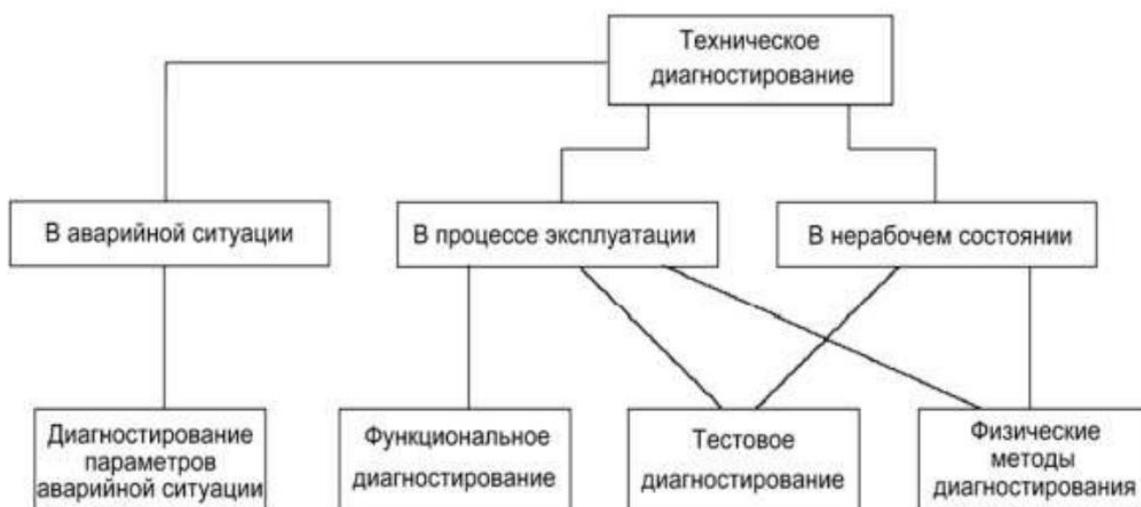


Рисунок 7 - Методы технического диагностирования.

Основными причинами отказов, возникновения неисправностей, нештатных ситуаций и аварий можно считать: отсутствие текущего отслеживания и прогнозирования технического состояния производственного объекта, подверженного регулярным эксплуатационным нагрузкам, отсутствие контроля качества технического обслуживания со стороны рабочего персонала в процессе ремонтных работ и при эксплуатации.

Экономическая эффективность внедрения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами и производствами, применения своевременной диагностики оборудования за счет снижения числа аварий и издержек на ремонт составляет более 25 % процентов стоимости основных производственных фондов [4].

## **2.2 Внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий для снижения потенциальных аварий на объектах**

### **2.2.1 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности нефтеперерабатывающих производств как стратегия внедрения энергоэффективных и безопасных технологий**

Анализ современных публикаций и руководящих документов федерального и отраслевого уровня во многом определяет стратегию развития нефтегазового комплекса в части модернизации технологий и совершенствования систем диагностирования и мониторинга надежности и безопасности опасного производственного объекта [31], [32], [33].

Основой нефтегазового комплекса является технологическая автономность, безопасность и надежность основных энергетических объектов. Локальные нормативные документы предприятий имеют ограниченную направленность и обеспечивают развитие предприятия по

установленным стратегиям развития. Стратегии развития содержат комплексы конкретных мер по улучшению всех отраслей предприятия, в том числе затрагивая, и вопросы обеспечения промышленной безопасности. При этом, стоит отметить, что стратегии развития нефтеперерабатывающих предприятий имеют долгосрочную перспективу и обеспечивают модернизацию на 5, а то и 10 лет вперед.

2021 год стал переломным моментов в сфере регулирования законодательства в области обеспечения промышленной безопасности, где на смену более чем 150 изжившим себя документам, содержащим избыточные требования, приходят новые более совершенные, технологичные и безопасные.

Федеральная служба по экологическому, технологическому, а также атомному надзору выступает контролером за соблюдением поднадзорными организациями требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах, а также органам исполнительной власти по недопущению и предотвращению развития аварий и инцидентов. При этом, контролирующая и надзирающая функция является первоочередной, но не основной функцией государственного органа. Задачей службы является постоянное совершенствование обязательных требований для выработки оптимальных решений обеспечения соблюдения требований промышленной безопасности на поднадзорных объектах. В связи с этим, можно сделать вывод, что Ростехнадзор является главенствующим звеном, задающим темпы и стратегии развития промышленности страны. В таком случае, требования федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, можно считать, эталонными направляющими для организаций, позволяющим им корректировать собственные программы развития, при этом, соответствуя государственной стратегии развития.

Риск возникновения аварийной ситуации повышается в следствии недостаточного финансирования, применения технических устройств и

сооружений с истекшим сроком эксплуатации, отсутствия организованного производственного контроля за безопасностью технологического процесса.

Модернизация и развитие нефтеперерабатывающего производства с учетом внедрения энергоэффективных и энергосберегающих технологий позволит снизить риск возникновения аварий и производственного травматизма.

На основании вышеизложенного, для анализа эффективных технологий для снижения потенциальных аварий на опасном производственном объекте рассматривается проект приказа Ростехнадзора, обеспечивающий безопасную эксплуатацию нефтегазоперерабатывающих предприятий. При этом, сразу стоит отметить, что данный нормативный правовой акт не вступил в законную силу, публичное обсуждение завершилось лишь в июне 2022 года, однако, основные цели и задачи данных норм уже можно отследить.

Одним из положительных моментов можно отметить структурированность требований документа по отраслям нефтепереработки. Требования документа отражают специфичность технологического процессам нефтеперерабатывающих производств и устанавливают отдельные требования к производственным процессам и оборудованию нефтеперерабатывающих производств:

- электрообессоливающим установкам;
- установкам атмосферно-вакуумного крекинга и установкам термического крекинга;
- каталитическим процессам;
- установкам замедленного коксования;
- производствам нефтяного битума и метилтретбутилового эфира;
- селективной очистки и депарафинизации масляных дистиллятов;
- контактной очистки масел отбеливающими глинами;
- производству смазок и присадок к смазочным маслам.

Аналогичная ситуация прослеживается и для газоперерабатывающих производств, требования документа также учитывают специфичность технологических процессов и уникальность применяемого оборудования. Выделяют специальные требования для:

- процесса переработки газа и газового конденсата;
- производства технического, печного и термического технического углеводорода;
- установки получения гелия.

Проект федеральных норм и правил в области промышленной безопасности для нефтегазоперерабатывающих производств нацелен на глобальную автоматизацию технологических процессов. В рамках документа предусматривается создание ряда информационных систем, а также предусматривается применение оборудования с прогнозированием исследованием факторов и процессов, определяющих свойства безопасности.

Разделом 5 проекта федеральных норм и правил в области промышленной безопасности для нефтегазоперерабатывающих производств выносятся общие требования к системам автоматизированного контроля, управления и противоаварийной защиты технологических процессов. Так, согласно одному из пунктов вышеуказанного документа производства необходимо оснащать автоматизированными системами управления и контроля за параметрами технологического процесса, определяющими взрывоопасность. Неразрывно с требований по управлению и контролю идет требование наличие сигнализации при превышении значений установленных параметров.

При том стоит отметить «избирательность» автоматизации производства, то есть при проектировании разработчик самостоятельно в соответствии с утвержденными нормативными документами расчетом проводит разделение технологического процесса на отдельные блоки и присваивает категории взрывоопасности. Категории взрывоопасности блоков в обязательном порядке отражаются в проектной документации. Для оценки

достоверности и проверки соответствия установленным требованиям проектная документация на техническое перевооружение подлежит экспертизе промышленной безопасности. По результатам установленной категории взрывобезопасности в проектной документации отражаются сведения по необходимости автоматизации и сигнализации того или иного производственного процесса, проводится выбор исполнения и защиты оборудования.

В частности, для опасных производственных объектов с блоками взрывоопасности I, II категории предусматривается оснащение техническими устройствами с автоматическим оповещением в режиме реального времени об утечке и полной ликвидации опасного вещества. При этом, предполагается использование системы видеонаблюдения с последующим хранением и выводом информации в помещения производственного персонала. Стоит отметить, что требование введения системы видеонаблюдения технологического процесса федеральными нормами и правилами вводиться впервые.

Нефтеперерабатывающее производство — это совокупность различных технологических процессов, итоговая цель которых, получение товарных нефтепродуктов из сырой нефти. Для перекачки сырой нефти и готовых нефтепродуктов повсеместно на предприятии применяются различные типы насосного оборудования. Кроме того, насосные агрегаты используют в среднем 90% от общего числа электроэнергии, потребляемой нефтеперерабатывающим предприятием.

Проект федеральных норм и правил для обеспечения безопасности нефтегазоперерабатывающих производств выносит ряд требований к выбору и оснащению насосных агрегатов. Насосные агрегаты стоит подбирать с учетом конструктивных особенностей, требования надежности к климатическим характеристикам и параметрам технологических процессов, которые отражаются в проектной документации на опасный производственный объект.

Насосы, применяемые для перекачки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также для транспортирования сжиженного горючего газа необходимо оснащать системой автоматического отключения при фиксации более 50 % горючих паров и газов нефтепродуктов от нижнего концентрационного предела распространения пламени, то есть от минимального объема вещества в воздухе насосной при котором возможно возгорание.

К основным потребителям электроэнергии в нефтегазовом комплексе можно отнести компрессорные агрегаты. Кроме того, стоит отметить множество опасностей при работе с данным оборудованием, которые ведут к возникновению аварийности и травматизма на опасном объекте.

Основными опасностями в работе компрессорных агрегатов принято считать: повышенное давление на выходе (от 0,15 до 100 МПа), увеличенная температура рабочей среды, вибрация и механические действия вращающихся частей агрегата, присутствие в рабочей зоне паров горючих веществ перекачиваемой среды.

Для обеспечения безопасности технологического процесса проектом федеральных норм предусматривается автоматизация и техническая дооснащённость оборудования в целях увеличения безопасности производства, а именно:

- наличие блокировки для отключения компрессора при приближении давления на всасе к значению близкому атмосферному;
- непрерывный контроль температуры охлаждающей воды с сигнализацией при отклонении значений от регламентированных. Наличие блокировки по отключению агрегата из-за превышения температуры посредством автоматизации;
- также, как и для насосных агрегатов предусматривается автоматического отключения при фиксации более 50 % горючих паров и газов от нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Выполнив анализ проекта федеральных норм и правил в области промышленной безопасности для обеспечения безопасности нефтегазоперерабатывающих производств, можно сделать вывод, о том, что вводятся как новые требования к узконаправленным процессам нефтегазопереработки, так и остаются прежние требования по техническому оснащению основного производственного оборудования, предусмотренными ранние действующими федеральными нормами, и утратившими свою силу в связи с регуляторной гильотиной 2021 года.

### **2.2.2 Интегрированной система контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего предприятия**

Одним из главных способов снижения аварийности производств, уменьшения количества инцидентов и отклонений от допустимого значения является постоянный контроль эксплуатационных характеристик как оборудования, так и структурных единиц предприятия (площадок, установок, опасных производственных объектов). На сегодняшний день автоматизация и внедрение искусственного интеллекта позволяет не только наблюдать за состоянием объекта, но также моделировать различные нештатные ситуации и искать пути выходов с наименьшими затратами.

Рассмотрим новую существующую интегрированную систему контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства, главной целью которой, является повышения качества принимаемых решений при оперативном планировании потребления топливно-энергетических ресурсов посредством:

- оптимизации работы производственных установок выделением «нетипичных точек» для каждого режима и последующим анализом их влияния на базовую линию;
- детализации мониторинга потребления энергоресурсов относительно плановых показателей по среднечасовым значениям;

- соблюдения удельных норм расхода энергоресурсов на производственных установках при разных режимах и факторах влияния на основе анализа структурированных отчетов.

Интегрированная система контроля энергоэффективности предназначена для мониторинга потребления энергоресурсов относительно плановых показателей, расчета удельных норм расхода энергоресурсов, контроля технологического процесса, формирования соответствующей отчетности на различных уровнях: Предприятия, Производство, Установка.

Для функционирования в системе предусмотрены различные роли, наделенные особыми полномочиями:

- Пользовательская роль «Мониторинг». Данная роль предназначена для старших операторов технологических установок. На данном уровне оператор может контролировать (анализировать) потребление энергоресурсов по установке, просматривать отчеты. Обязанностью оператора также является исключение нетипичных точек работы установки из статистики с указанием причин ее исключения и передачей данной информацией вышестоящему руководству по компетенции.

- Пользовательская роль «Просмотр». Данная роль не закреплена за конкретными сотрудниками и может быть открыта для зарегистрированных пользователей на основании письменного распоряжения главного инженера. На данном уровне можно мониторить потребления энергетических ресурсов, формировать и выгружать отчеты.

- Пользовательская роль «Утверждение». Роль предназначена для начальников технологических установок. Основными обязанностями роли являются: мониторинг потребления энергоресурсов по установке, утверждение точек, исключенных из статистики и просмотр отчетов.

- Пользовательская роль «Анализ результативности». Роль предназначена для главного инженера, заместителя главного инженера по первичным процессам, заместителя главного инженера по вторичным процессам, работников отдела повышения операционной эффективности,

главного технолога, инженеров технологического отдела, главного энергетика, работников электротехнического отдела, работников теплотехнического отдела. Основными обязанностями роли «Анализ результативности» являются: мониторинг потребления энергоресурсов по установке; внесение плановых норм потребления энергоресурсов; просмотр отчетов; внесение цен на энергоресурсы; анализ эффективности работ смен.

Вместе с тем, интегрированная система контроля энергоэффективности разбита на функциональные блоки:

- Блок «Мониторинг потребления энергоресурсов по установке». С дискретностью один раз в час отображает фактическое потребление энергоресурсов установкой, а также расход сырья на данную установку. Рассчитывает плановое потребление энергоресурса для установки при текущей загрузке. В случае превышения фактического потребления энергоресурса относительно планового просигнализирует об этом.

- Блок «Исключение нетипичных точек работы установки из статистики» представляет собой диалоговое окно для утверждения точек, исключенных из статистики.

- Блок «Просмотр отчетов» предназначен формирования отчетности, при необходимости есть возможность выгрузки требуемого отчета в формате Excel.

- Блок «Внесение плановых норм потребления энергоресурсов» предназначен для внесения плановых норм расхода энергоресурсов, определенных по результатам работы установки за предыдущий год.

- Блок «Внесение цен на энергоресурсы» предназначен мониторинга экономической выгоды потребления ресурсов, с помощью присваивания цены по каждому энергоресурсу.

С точки зрения обеспечения безопасности и контроля состояния производственного процесса, а также состояния оборудования наиболее информативен Блок «Мониторинг потребления энергоресурсов по

установке». На основании данных системы можно проводить анализ результативности работы установки.

С периодичностью один раз в час система отображает фактическое потребление энергоресурсов установкой, расход сырья на данную установку, рассчитывает плановое потребление энергоресурса для установки при текущей загрузке (в случае превышения фактического потребления энергоресурса относительно планового - просигнализирует об этом).

Старшие операторы технологических установок каждые четыре часа в течение рабочей смены отслеживают работу технологической установки с помощью инструмента «Сводка по установкам», наглядно представлено на рисунке 8.

«Сводка по установкам» представляет собой для каждой установки типовой набор из четырех графиков:

- Переработка – фактическая часовая загрузка производственного объекта по сырью (в тоннах).

- Три графика с фактическими расходами энергоресурсов (электрическая энергия, тепловая энергия, топливо (суммарно жидкое и газообразное), на каждом из которых существует отображение соответствующей плановой нормы расхода ТЭР.

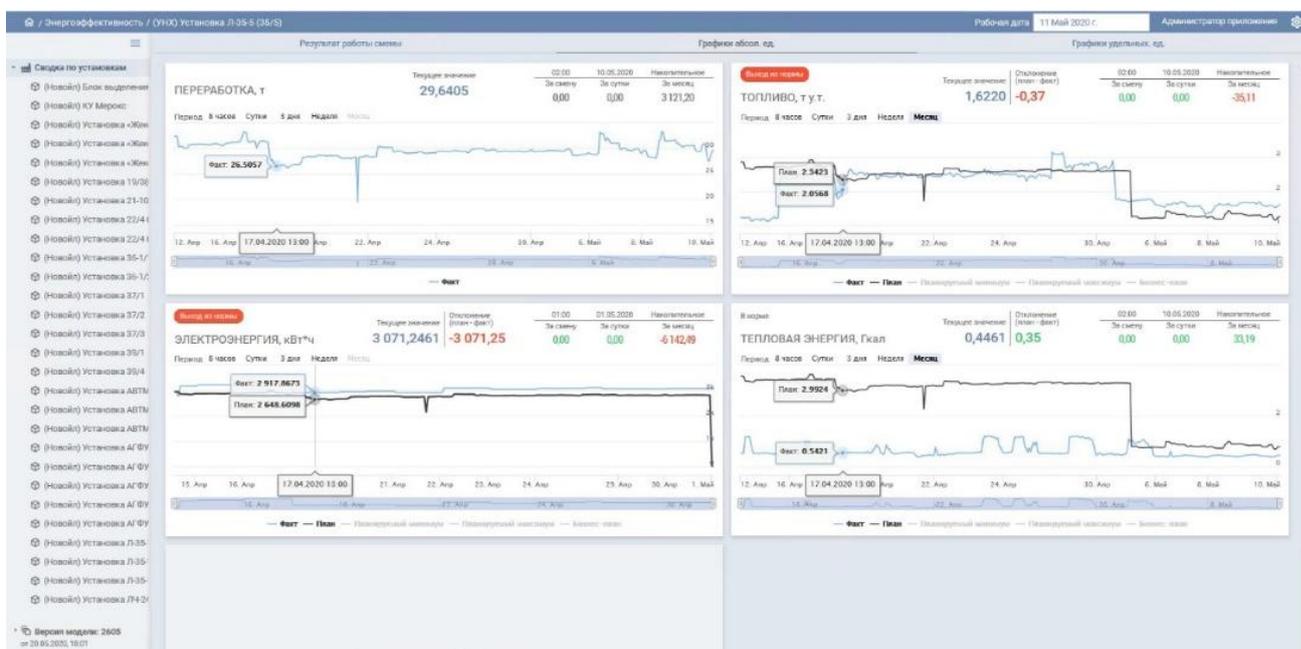


Рисунок 8 – Сводка по установкам.

«Сводка по установкам» представляет собой для каждой установки типовой набор из четырех графиков:

- Переработка – фактическая часовая загрузка производственного объекта по сырью (в тоннах).
- Три графика с фактическими расходами энергоресурсов (электрическая энергия, тепловая энергия, топливо (суммарно жидкое и газообразное)), на каждом из которых существует отображение соответствующей плановой нормы расхода ТЭР.

В Системе предусмотрен индикатор «Выход из нормы», сигнализирующий о негативном отклонении фактического расхода ТЭР от планового. При выявлении отклонения индикатор из спокойного состояния «В норме» переходит в сигнализирующий режим и начинает мигать индикатор. На рисунке 9 представлено детальное описание всей отображаемой на графике информации.

В конце каждой рабочей смены старшие операторы технологических установок, с помощью инструмента системы «Итоги смен», изображение которого представлено на рисунке 10, производят исключение из общего

списка нетипичных для технологической установки точек расхода ТЭР, внесение пояснений (причин) отклонения фактического расхода ТЭР от утвержденного плана расхода ТЭР по установке. Для этого в инструмент «Итоги смен» вносится следующая информация:

- Причина – указание потенциальной причины отклонения от Плана расхода ТЭР по установке.
- Комментарий – заполняется при исключении из общего списка нетипичных для технологической установки точек расхода ТЭР (указывается основание для исключения точек из дальнейших расчетов и статистики).



Рисунок 9 - Отображение графика в Рабочем поле инструмента Сводка по установкам.

После внесения всей необходимой информации, старший оператор направляет данные по смене на утверждение начальнику установки.

Ключевой особенностью данной программы является составление универсальной базы увеличения расхода ТЭР, вследствие различных технических отклонений.

В автоматическом режиме ежемесячно в срок до 24 числа текущего месяца осуществляется анализ результативности работы технологических установок за предшествующий месяц. На основании утвержденных

начальниками технологических установок пояснений (причин) отклонения фактического расхода ТЭР от утвержденного плана расхода ТЭР по установкам, инженеры технологического отдела, инженеры по учету ТЭР теплотехнического отдела, инженер по учету ТЭР электротехнического отдела осуществляют факторный анализ фактически достигнутых показателей расхода ТЭР.

Смена	Факт	План	План - Факт	Откл. тыс. рублей	Причина	Статус	Комментарий
<b>Объект: 28.04.2020 (ТЭР) Установки А-38-5 (25%) Тепловая энергия</b>							
00:00	29,28	3,28	0,52	3,76	0,00	Всечасная	Плановый
01:00	29,30	3,27	0,52	3,78	0,00	Всечасная	Плановый
02:00	29,26	3,27	0,82	3,75	0,00	Всечасная	Плановый
03:00	29,25	3,27	0,85	3,73	0,00	Всечасная	Плановый
04:00	29,42	3,28	1,17	3,10	0,00	Всечасная	Плановый
05:00	29,47	3,28	1,18	3,10	0,00	Всечасная	Плановый
06:00	29,45	3,28	1,19	3,09	0,00	Всечасная	Плановый
07:00	29,38	3,27	1,10	3,08	0,00	Всечасная	Плановый
<b>Объект: 28.04.2020 (ТЭР) Установки А-38-5 (25%) Тепловая</b>							
00:00	29,28	3,99	0,02	-0,43	0,00	Всечасная	Плановый
01:00	29,30	3,99	3,79	-0,14	0,00	Всечасная	Плановый
02:00	29,26	3,99	2,89	-0,10	0,00	Всечасная	Плановый
03:00	29,25	3,99	2,79	-0,19	0,00	Всечасная	Плановый
04:00	29,43	3,00	2,77	-0,17	0,00	Всечасная	Плановый
05:00	29,47	3,00	2,72	-0,11	0,00	Всечасная	Плановый
06:00	29,45	3,00	2,63	-0,20	0,00	Всечасная	Плановый
07:00	29,38	3,00	2,77	-0,17	0,00	Всечасная	Плановый
<b>Объект: 28.04.2020 (ТЭР) Установки А-38-5 (25%) Электрическая</b>							
00:00	29,28	2802,23	304,46	-242,22	0,00	Всечасная	Плановый
01:00	29,30	2802,91	304,46	-241,94	0,00	Всечасная	Плановый
02:00	29,26	2803,91	304,181	-243,91	0,00	Всечасная	Плановый
03:00	29,25	2803,68	304,181	-246,14	0,00	Всечасная	Плановый
04:00	29,43	2803,71	304,181	-252,11	0,00	Всечасная	Плановый
05:00	29,47	2811,35	304,181	-242,26	0,00	Всечасная	Плановый

Рисунок 10 – Итоги смен.

## Основные выводы по главе 2:

Во второй главе магистерской диссертации рассмотрена взаимосвязь и необходимость эффективного и ресурсосберегающего применения производственных ресурсов предприятия как важный фактор роста и развития предприятия и прибыли.

По результатам анализа источников отечественной и мировой литературы выделены и рассмотрены пять основных методов повышения эффективности производства и их влияние. Основные методы

рассмотренные в данной диссертации можно считать следующее: своевременная замена производственного оборудования, внедрение автоматизации в технологический процесс, техническое диагностирование и ремонт технических устройств и оборудования, а также повышение квалификации обслуживающего персонала и применение качественного сырья для производства.

Рассмотрена зависимость интенсивности использования и загруженность производственного оборудования на срок его эксплуатации. По результатам анализа сделан вывод о прямом влиянии нагрузки и времени эксплуатации на предельный срок эксплуатации.

Проанализирован проект федеральных норм и правил в области обеспечения промышленной безопасности нефтеперерабатывающих производств с точки зрения обеспечения не только промышленной безопасности, но и как реализация мер внедрения энергоэффективных методик в производство.

Рассмотрены основные показатели и функции предлагаемой для анализа энергоэффективной и энергосберегающей системы контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства.

### **3 Комплекс энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий для снижения потенциальных аварий на объектах топливно-энергетического комплекса**

#### **3.1 Анализ внедрения энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий для снижения потенциальных аварий на объектах**

Проведенный в рамках данной магистерской диссертации анализ нормативно-технической и правовой документации в рамках обеспечения промышленной безопасности на предприятиях нефтеперерабатывающего комплекса показал, что основным направлением обеспечения надежности и безопасности эксплуатации считается постоянный мониторинг состояния объектов и технологических процессов. Для разных производственных предприятий с учетом специфики их деятельности разрабатываются отдельные системы мониторинга и диагностирования с определенным набором прав и инструментов, позволяющие обеспечивать необходимый уровень и периодичность контроля.

Рассмотрим интегрированную систему контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства, главной целью которой, является повышения качества принимаемых решений при оперативном планировании потребления топливно-энергетических ресурсов посредством

В рамках данной магистерской диссертации выполняется анализ внедрения интегрированной системы контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства на платформе Акционерного общества «Сызранский нефтеперерабатывающий завод». Анализ внедрение данной системы рассматривается на электрообессоливающей установке атмосферно-вакуумная трубчатка с годовой производительностью 5 миллионов тонн. (ЭЛОУ-АВТ-5).

Установка ЭЛОУ-АВТ-5 АО «СНПЗ» предназначена для обезвоживания, обессоливания сырой нефти и первичной переработки

обессоленной нефти с целью получения прямогонного бензина, рефлюкса, жирного газа, компонентов топлив реактивного и дизельного, вакуумного дистиллята (легкого и тяжелого), мазута, гудрона.

Данная установка принята в эксплуатацию в январе 1967 года и технологически состоит из 3 блоков:

- Блок четырехступенчатого обезвоживания и обессоливания сырой нефти, в которой первая ступень процесс термохимического обезвоживания, вторая и последующая – процесс электрообессоливания;

- Блок атмосферной перегонки обессоленной нефти (на этом блоке осуществляются также абсорбция газа, стабилизация и защелачивание бензина);

- Блок вакуумной перегонки мазута.

В рамках повышения уровня безопасности технологического процесса установка ЭЛОУ-АВТ-5 АО «СНПЗ» регулярно подвергается модернизации и техническому перевооружению:

- в 2004 проведена замена внутренних устройств вакуумной колонны К-5 на пакеты насадки фирмы «Петон»;

- в 2006 произведена замена АСУТП на РСУ фирмы «Дельта Ви» и СБ и ПАЗ на базе «Модикон»;

- в 2013 проведено дооснащение центробежных насосов с двойным торцевым уплотнением Н-6, 6а, 7, 8, 32, 32а, 34, 34а, 12, 11, 13, 17, 2, 2а системой контроля и сигнализации утечки уплотняющей жидкости;

- в 2016-2017 проведена установка массовых, вихревых и ультразвуковых расходомеров на потоки, участвующие в расчете материального баланса;

- в апреле 2017г. проведена замена внутренних устройств колонны стабилизации; бензина К-4.

Для достоверности проведения анализа внедрения мероприятия для снижения потенциальных аварий на исследуемом объекте необходимо в некоторой степени рассмотреть технологию производственного процесса для

более глубокого всестороннего понимания возможных опасностей процесса и источников аварийной ситуации.

Сырая нефть содержит некоторое количество механических примесей, воды и растворимых в ней солей, которые затрудняют ее переработку, вызывая эрозию внутренних поверхностей трубопроводов, аппаратов и образование отложений в теплообменниках, печах и холодильниках. Для разрушения нефтяных эмульсий существуют три метода: механический (отстаивание), химический (применение поверхностно-активных веществ), электрический.

Отстаивание - способность эмульсии расслаиваться на нефть и воду, вследствие разности плотностей компонентов, составляющих эмульсию. Нагрев эмульсии ускоряет их разрушение, так как при этом возрастает растворимость в нефти защитной пленки эмульгатора, уменьшается вязкость среды, увеличивается разность плотностей.

Разрушение эмульсий с помощью деэмульгатора происходит в результате растворения абсорбционной пленки или уменьшения ее прочности.

При попадании нефтяной эмульсии в переменное электрическое поле частицы воды, заряженные отрицательно, начинают передвигаться внутри элементарной капли, придавая ей грушевидную форму, острый конец которой обращен к положительно заряженному электроду. При перемене полярности электродов капля претерпевает новое изменение формы, вытягиваясь острым концом в противоположную сторону. Подобные изменения конфигурации капля претерпевает столь часто, сколь велика частота электрического поля. Под воздействием сил притяжения отдельные капли, стремясь передвигаться в электрическом поле по направлению к положительному электроду, сталкиваются друг с другом и при достаточно высоком потенциале заряда наступает пробой оболочки диэлектрика, в результате чего мелкие капли воды укрупняются, что и облегчает их осаждение.

В основе технологии первичной переработки нефти лежит перегонка - процесс физического разделения нефти на составные части (фракции). Перегонка осуществляется способом частичного выкипания нефти, отбора и конденсации образовавшихся паров, обогащенных легколетучими компонентами в качестве дистиллятных фракций.

На установке применяется сложная перегонка: с ректификацией и в вакууме. Основой процесса ректификации является многократный двухсторонний массообмен между движущимися противотоком парами и жидкостью перегоняемой нефти.

Нефтяные смеси термически нестойкие. Термическая стабильность нефтяных смесей зависит от температуры нагрева и времени воздействия. Температура кипения нефтяной смеси при атмосферном давлении превышает температуру ее термического разложения. Вакуум понижает температуру кипения. Водяной пар понижает парциальное давление компонентов смеси, вызывает кипение нефти при меньшей температуре. Водяной пар используется при атмосферной и вакуумной перегонке. При перегонке нефтяных остатков сочетание вакуума с водяным паром обеспечивает более глубокий отбор дистиллятных фракций. Наиболее эффективным является расход водяного пара в пределах 2-3 % на сырье. Подача избыточного количества пара постепенно снижает отпарку легких углеводородов - поскольку теплота на испарение отнимается от перегоняемой жидкости, давление насыщенных паров жидкости понижается и сравнивается с парциальным давлением нефтяных паров. При подаче водяного пара необходимо учитывать его температуру. Температура водяного пара должна быть не ниже температуры перегоняемого нефтепродукта, чтобы избежать его обводнения. В вакуумную колонну подавать пар с температурой 380-420°C, давлением 2-3 кгс/см<sup>2</sup>. В атмосферную колонну подавать пар с температурой не менее 200°C и давлением 7 кгс/см<sup>2</sup>.

В целях уменьшения разложения ограничивают время пребывания нефтяных остатков при высоких температурах. Рекомендуемое время

пребывания мазута в нижней части атмосферной колонны не более 5 минут, гудрона в нижней части вакуумной колонны 2-5 минут, что частично обеспечивается конструктивными особенностями колонн, имеющих меньший диаметр по отношению к основному в кубовой части.

По результатам рассмотрения технологического процесса на установке можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы:

- динамичные и вращающиеся элементы насосов, компрессоров и другого технологического оборудования;
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны или территории установки, а также токсичное воздействие паров на организм человека;
- повышенная температура поверхности производственных объектов;
- опасность электрического напряжения технологического оборудования.

Для максимального снижения вероятности проявления опасных и вредных производственных факторов необходимо чтобы:

- работа производилась только на исправном оборудовании и обязательно с исправной сигнализацией, блокировками, вентиляцией, системой паротушения и пенотушения.
- все аппараты, остановленные на ремонт, были отглушены от системы и обезврежены согласно инструкции по подготовке аппаратов к ремонту. Запрещается производить ремонтные работы на аппаратах, если они находятся под давлением, не освобождены от продукта.

Наиболее опасными местами на установке являются:

- блок колонн К-1, К-2, К-3, К-4, К-5, К-7;
- печи П-1, П-2;
- газосепараторы Е-1, Е-2, Е-3, емкости Е-4, А-1, А-2, А-3, А-4, А-5;
- электродегидраторы Э-1, Э-2, Э-3, Э-4;
- технологические насосные: сырьевая, горячая, холодная, бензиновая;
- блок теплообменников;
- холодильно-конденсационная аппаратура;

- колодцы: канализационные, сточных вод, оборотной воды;
- технологические лотки, прямки дренажей;
- места отбора проб и дренажей.

Для анализа показателей внедрения энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий на показатели аварийности на объекте рассмотрены основные причины, которые могут привести к производственным неполадкам, аварии или к несчастному случаю. Информация о причинах развития аварийных ситуации получена по результатам изучения технологического регламента АО «СНПЗ», в свою очередь, разработанного на основании проектной документации [23].

К причинам возникновения отклонений от регламентированных значений технологических процессов, инцидентов и аварий являются:

- несвоевременное техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением;
- эксплуатация аппаратов, оборудования и трубопроводов при параметрах, выходящих за пределы, указанные в технических условиях или паспортах;
- неисправность предохранительных клапанов и несоблюдение сроков их ревизии;
- пропуск нефтепродукта во фланцевых соединениях, в результате разрыва прокладок;
- трещины, выпучины, значительное уменьшение толщин стенок трубопроводов и аппаратуры из-за коррозии, пропуски через дефекты в сварных швах, чрезмерные пропуски в сальниковых и торцевых уплотнениях насосов и т.д.;
- неисправность контрольно – измерительных приборов и средств автоматики;
- несвоевременное и некачественное проведение ремонтных работ;

– неисправность средств пожаротушения и приборов определения взрывоопасных концентраций.

Аварийные положения на установке могут возникнуть из-за отклонения от нормальной работы установки, сопровождающиеся нарушением герметичности аппаратуры и трубопроводов, большой загазованностью территории, из-за неправильных действий обслуживающего персонала, а также при попадании значительного количества воды в систему, при прекращении снабжения установки сырьем, электроэнергией, воздухом КИП, при прогаре змеевиков печи.

Однако, стоит отметить, что ключевые причины связаны с недостаточным контролем, несвоевременной и некачественной диагностикой оборудования, и недостаточным уровнем сигнализаций, оповещающим производственный персонал о возможных неполадках. Таким образом, гипотеза, рассмотренная в данной диссертации о влиянии энергоэффективных и энергосберегающих мероприятий: таких как диагностирование и система контроля оборудования и технологического оборудования, напрямую влияет на безопасную эксплуатацию исследуемого объекта.

Для предотвращения аварийных ситуаций на установке в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности на стадии разработки процесса были определены соответствующие значения критических параметров. На основании их значений приняты соответствующие технические решения по конструкции технологических аппаратов, технологический процесс обеспечен необходимым и достаточным количеством контрольно-измерительными приборами и автоматикой, соответствующего класса точности, определена техническая характеристика и быстродействие систем управления и противоаварийной защиты.

Для безопасного проведения технологического процесса предусмотрены способы и средства регулирования, исключаящие выход

параметров за установленные регламентируемые пределы, а также средства защиты, в т.ч. предохранительные устройства, исключая возможность достижения критических значений технологических параметров.

Технологический процесс нефтеперерабатывающего производства проводится в зоне регламентированных параметров, не достигая критических значений. Для поддержания технологических параметров в регламентированных проектными значениями пределах, предупреждения и отсутствия возможности развития аварийных ситуаций на установке реализованы следующие автоматизированные системы защит и сигнализаций производственного процесса: системы регулирования, световой и звуковой сигнализаций, примеры наличия блокировок, отвечающие требованиям федеральных норм и правил в области промышленно безопасности представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Защита технологических процессов и оборудования от аварий.

Наименование оборудования	Категория взрывоопасности технологического блока	Контролируемый параметр	Допустимый предел контролируемого параметра	Предусмотренная защита
1. Предупредительная сигнализация и блокировки				
Колонна К-1	III	Уровень в колонне	20%	Световая и звуковая сигнализация
		Давление в колонне	3,2 кг/см <sup>2</sup> (макс)	Световая и звуковая сигнализация
Емкость Е-15	I	Уровень	15%	Световая и звуковая сигнализация
Деаэратор	III	Уровень	20%	Световая и звуковая сигнализация
Печь П-1	II	Загрузка по потокам	40 м <sup>3</sup> /час	Световая и звуковая сигнализация
		Температура выхода (правая сторона)	400°С	Световая и звуковая сигнализация

Продолжение таблицы 1

Наименование оборудования	Категория взрывоопасности технологического блока	Контролируемый параметр	Допустимый предел контролируемого параметра	Предусмотренная защита
		Температура выхода (левая сторона)	400°C	Световая и звуковая сигнализация
		Температура перевала (правая сторона)	900°C (макс)	Световая и звуковая сигнализация
		Температура перевала (правая сторона)	900°C (макс)	Световая и звуковая сигнализация
2. Противоаварийная защита регулируемыми клапанами (при отсутствии воздуха КИП)				
На линии сырья	III	Регулирование расхода	Предотвращает снижение уровня в К-1 (<20%)	Обеспечивает подачу сырья
На линии поступления топливного газа к форсункам печи П-1	II	Регулирование давления топливного газа.	Предотвращает повышение температуры в печи (>900°C)	Прекращает подачу газа и предотвращает перегрев змеевика.
На линии дренажа воды из Е-1, Е-2	III	Регулирование уровня в емкостях	Не допускает снижение уровня воды ниже нормы.	Предотвращает дренаж бензина в канализацию.
На линии подачи острого пара на форсунки П-2	I	Регулирование давления пара	Не допускает загазованности.	Предотвращает нарушение процесса горения и образования загазованности

По результатам детального рассмотрения технологического процесса и исследований локальных-нормативных документов АО «СНПЗ» можно сделать вывод, что технологический процесс установки ЭЛОУ-АВТ-5 обеспечен современным и требуемыми параметрами контроля за параметрами безопасной эксплуатации. Однако, непрерывный уровень контроля и своевременного реагирования позволяет обеспечить только

система, обеспечивающая своевременный и постоянный мониторинг сигнализаций и блокировок, имеющим изображение (мнемосхему) на экране рабочего места производственного персонала.

Ранее в магистерской диссертации рассматривались роли и задачи интегрированной системы контроля энергоэффективности с точки зрения влияния на технологический процесс.

Основными производственными функциями интегрированной системы контроля энергоэффективности можно считать их взаимосвязь с системой аварийной защиты. В следствие этого, можно не только оперативно отслеживать состояние объекта, оборудования и установки в целом, но и в случае возникновения нештатных ситуаций вмешиваться в производственный процесс. Данная система в автоматическом режиме обеспечивает:

- подачу предупредительного светового и звукового сигнала при выходе контролируемого ей технологического параметра за границу допустимых (минимальных и максимальных) значений;
- аварийную остановку защищаемого оборудования при достижении предельно минимальных или предельно максимальных значений контролируемого системой параметра.

При этом невозможно полностью отсечь человеческий фактор, производственный персонал при работе в системе обязан

- определить параметр, вышедший за допустимые пределы;
- отключить - нажатием кнопки «квитирование звукового сигнала» звуковой сигнал, лампа световой сигнализации при этом продолжает гореть;
- определить причину выхода параметра за допустимые пределы и устранить ее;

- восстановить рабочие значения параметра, убедиться в том, что лампа световой сигнализации погасла.

Таким образом, учитывая наличие системы контроля технологического процесса и диагностики, предохранительных устройств и мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, при ведении технологического процесса одновременное достижение критических значений параметров (совокупности критических значений) исключено и риск развития инцидента и аварии имеет допустимый уровень.

Одним из важным количественным показателем энергоэффективности промышленных предприятий, в том числе предприятий нефтегазового комплекса, принято считать коэффициент энергоэффективности (показатель удельного энергопотребления (УЭП)). Показатель отражает «пропорциональную взаимосвязь количества затраченной энергии на единицу продукции, полученной по результатам технологического процесса». Единица измерения данного показателя могут иметь различные значения в зависимости от размерности исследуемых величин, однако, стандартная размерность Дж/т и рассчитывается по формуле 1:

$$\text{УЭП} = \frac{\text{Потребление энергии (Затраченная энергия – Энергия переданная потребителям)}}{\text{Объем произведенной продукции}} \quad (1)$$

Проведем анализ использования и количества потребляемой энергии установки ЭЛОУ-АВТ-5.

На основании методологии для отбора значимых энергетических аспектов (потребителей), а именно: если удельный показатель энергоэффективности составляет более 2 % от общего потребления ТЭР АО «СНПЗ» за отчетный период, то данная установка определяется значимой.

На основании расчета по формуле (1) УЭП установки ЭЛОУ - АВТ-5 составляет 6 148 555,61 ГДж, что составляет 31% от общего вклада установок в общее энергопотребление. По расчетным данным за 2021 год распределение потребления энергии по АО «СНПЗ» в соответствии с отобранными источниками энергии (суммарно с учетом потребления электроэнергии, потребления теплоэнергии, а также с учетом потребления топлива) представлено на рисунке 11 [17]. В соответствии с обозначенным выше критерием определения значимости установка ЭЛОУ - АВТ-5 определена значимой в части количества потребляемой энергии и пригодна для дальнейшего развития потенциала энергосбережения.

Наглядные результаты произведенного расчета показателя удельного энергопотребления для каждой установки и количества затраченной энергии по видам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета показателя удельного энергопотребления установок АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»

Наименование установки	Потребление электроэнергии, тыс.кВт/ч	Потребление теплоэнергия Гкал	Потребление топлива за 2021 год, т.у.т.	Удельное энергопотребление за 2021 год, ГДж	Удельный вклад установки в общее энергопотребление, %
ЭЛОУ - АВТ-6	8 468	26 403,90	13 773,00	544 581,15	2,8
ЭЛОУ - АВТ-5	63 099,660	51 000,84	194 807,73	6 148 555,61	31,1
ТК-3	5 885	2 885,14	17 256,61	538 882,79	2,7
ТК-4	7 488	3 325,68	22 558,42	701 843,41	3,5
30/4	597	11 632,61	0,00	50 851,63	0,3
ГФХ	2 790	23 599,24	0,00	108 848,40	0,5
43/102-1	7 082	16 326,80	27 117,92	888 406,05	4,5
43/102-2	7 654	17 154,87	27 737,31	912 080,42	4,6

Продолжение таблицы 2

Наименование установки	Потребление электроэнергии, тыс.кВт/ч	Потребление теплоэнергия Гкал	Потребление топлива за 2021 год, т.у.т.	Удельное энергопотребление за 2021 год, ГДж	Удельный вклад установки в общее энергопотребление, %
Установка по производству битума	1 524	20 577,13	2 874,89	175 873,59	0,9
КАС	18 322	25 238,94	0,00	171 630,73	0,9
ГФУ	4 166	86 708,77	0,00	378 028,80	1,9
Водородная	25 422	1 497,57	8 627,59	350 579,16	1,8
Изомеризация	14 478	167 488,97	1 837,07	807 189,95	4,1
35/6	12 541	18 746,09	26 225,44	892 040,51	4,5
35/11-300	7 834	5 579,2	7 354,22	267 041,41	1,3
35-11-600	14 797	94 234,36	60 996,29	2 235 002,40	11,3
Л24/6	20 018	31 786,50	21 375,73	831 456,84	4,2
Л24/7	17 994	28 028,72	32 941,61	1 147 317,47	5,8
Л24/8	13 826	31 998,40	14 876,93	619 640,41	3,1
УМК	7 306	9 972,33	0,00	68 054,51	0,3
УМК-2	6 212	2 551,68	289,04	41 517,09	0,2
ОЗХ	102 270	235 158,00	4 340,00	1 479 904,51	7,5
Потери ТЭР при передаче	1 361	71 253,39	0,00	303 221,75	1,5
ТЭР на энергетику	5 606	27 520,00	0,00	135 402,74	0,7
ИТОГО:	376 741	1 010 669,13	484 990,18	19 797 951,32	100,0

Основными технологическим оборудованием установка ЭЛОУ - АВТ-5, задействованным в процессах со значимым потреблением энергии по результатам анализа относятся: электродегидраторы и насосы. Также ощутимый процент потребления электроэнергии установки приходится на наружное и внутреннее освещения и электрообогрев.

В производственных процессах существует прямая и косвенная зависимость потребления энергии от изменения параметров процесса, а также существуют внутренние и внешние факторы, влияющие на энергопотребление.

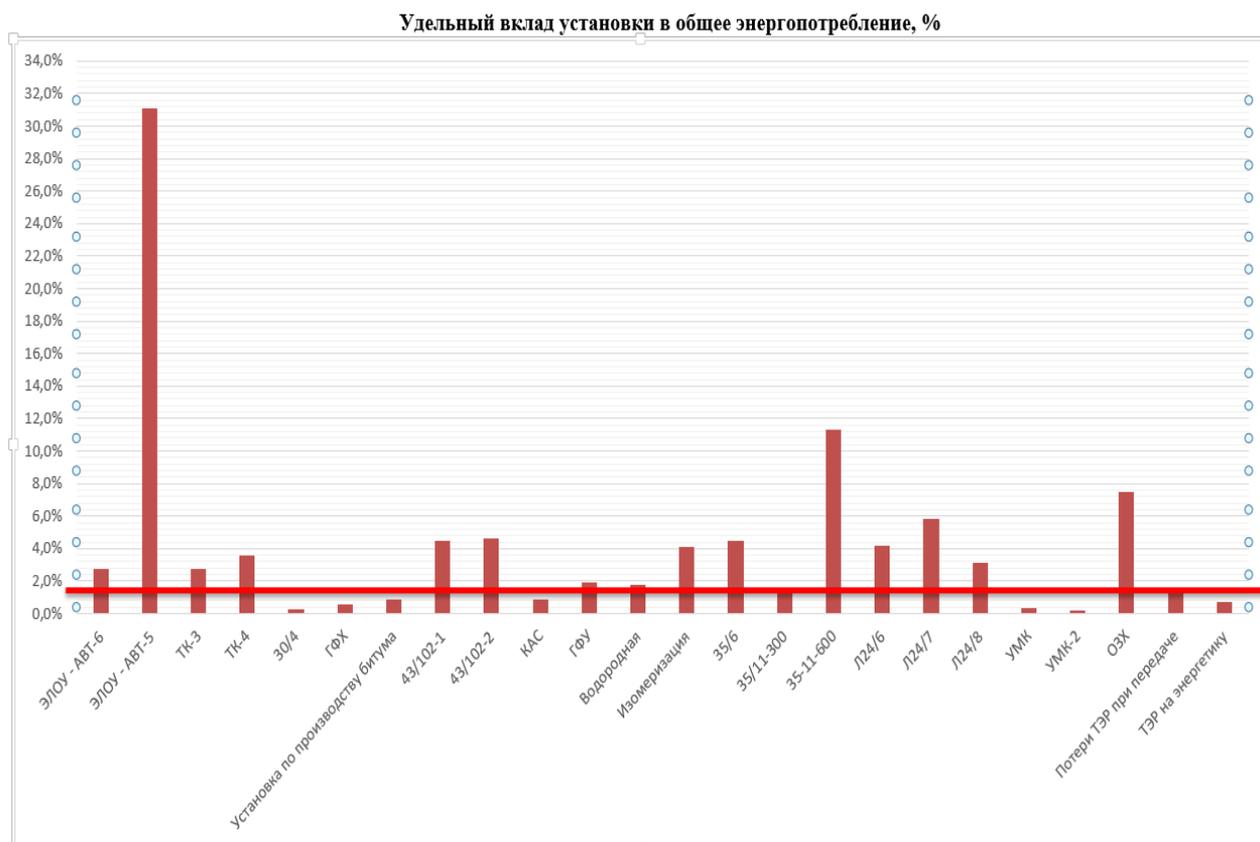


Рисунок 11 - Графическая иллюстрация энергопотребления структурных подразделений АО «СНПЗ».

Внутренние факторы, влияющие на потребление энергоресурсов:

- загрузка установки по сырью;
- соблюдение от утвержденного технологический режим/отклонение от утвержденного технологический режим;
- качество перерабатываемого сырья;

- единичные технические случаи (отклонение от утвержденного режима работы технологического оборудования, в том числе пуск в работу нового оборудования).

Внешние факторы, влияющие на потребление электроэнергии: сезонность, температура окружающей среды.

Все указанные факторы учитываются при осуществлении производственной деятельности, с помощью интегрированной системы контроля энергоэффективности осуществляется непрерывный контроль с целью своевременного реагирования и внесения корректировок в технологические процессы.

Другим важным количественным показателем, отражающим динамику энергоэффективности, принято считать показатель индекса энергоэффективности.

Индекс энергоэффективности (ИЭ) отражает оценку изменения энергоэффективности на протяжении какого-либо периода, сравнивая текущий показатель удельного энергопотребления со сравниваем или же эталонным значением и рассчитывается по формуле 2:

$$\text{ИЭЭ} = \frac{\text{УЭП}_{\text{эталн}}}{\text{УЭП}_{\text{текущий}}}, \quad (2)$$

Данный показатель часто используется для отслеживания ежегодной эффективности произведенных мероприятий по увеличению энергоэффективности как отдельных технологических установок, так и производства в целом.

Результаты мониторинга [20], энергорезультативности установок, оборудования, процессов, относящихся к значимым энергетическим аспектам за 2021 год, полученного по результатам расчета по формуле (2), представлены в таблице 3 и 4.

Таблица 3 – Мониторинг индекса энергопотребления (Электроэнергии) на тонну продукции на установках со значимым энергопотреблением, в период 2020- 2021 г

Наименование установки	ИЭЭ, факт 2020	ИЭЭ, факт 2021	ИЭЭ, бизнес-план 2021
ЭЛОУ - АВТ-5	10,7	10,8	11,1
ТК-3	13,0	14,1	12,5
ТК-4	14,5	14,3	15,2
43/102-1	26,5	27,7	24,7
43/102-2	28,4	29,3	26,9
Изомеризация	57,1	60,5	59,7
35/6	50,8	54,9	56,1
35-11-600	26,3	27,2	26,5
Л24/6	19,3	17,6	18,7
Л24/7	17,1	18,3	16,0
Л24/8	21,7	22,5	19,6

Таблица 4 – Мониторинг индекса энергопотребления (Топливо) на тонну продукции на установках со значимым энергопотреблением в период 2020 - 2021 г

Наименование установки	ИЭЭ, факт 2020	ИЭЭ, факт 2021	ИЭЭ, бизнес-план 2021
ЭЛОУ - АВТ-5	32,0	31,96	35,06
ТК-3	35,29	34,29	37,04
ТК-4	42,65	45,26	41,53
43/102-1	105,4	100,9	94,62
43/102-2	99,95	102,99	97,59
Изомеризация	8,43	8,57	7,82
35/6	108,88	112,95	119,88
35-11-600	106,31	113,34	115,08
Л24/6	24,42	20,14	20,15
Л24/7	26,02	24,28	31,11
Л24/8	20,38	25,05	21,64

По результатам проведенного расчета на рассматриваемой установке и в целом по промышленному предприятию прослеживается рост индекса энергопотребления. Рост ИЭЭ означает повышение энергоэффективности и положительный эффект планируемых мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности производства.

На основании расчетных данных в 2021 году произошло увеличения уровня индекса энергопотребления по сравнению с аналогичным периодом

2020 года, однако ожидаемого уровня индекса энергопотребления по результатам бизнес плана достигнуть не удалось. Одной из причин недостаточного увеличения индекса энергопотребления можно считать необходимость проведения капитального ремонта установок. Локально-нормативными документами АО «СНПЗ» предусматривается проведение капитального ремонта объектов АО «СНПЗ» с цикличностью равной 2 года. Однако, с учетом неоднозначной политической и экономической ситуации в 2021 году, а также руководствуясь нормами в области соблюдения требований промышленной безопасности, АО «СНПЗ» было принято решение перенести период капитального ремонта на 2022 год. Данные результаты наглядно показывают экономичность и эффективность современного проведения мониторинга и состояния контроля технологического оборудования.

При этом рост энергоэффективности по результатам количественного расчета с аналогичным периодом 2020 года существенно отличается в положительную сторону. На основании этого рассмотрим результаты мероприятий, направленных на снижение потребления энергоресурсов, а именно реализация метода применения и использования качественных средств и оборудования, внедрение автоматизации, искусственного интеллекта на исследуемом объекте.

С января по декабрь 2021 года в рамках повышения энергоэффективности АО «СНПЗ» реализованы следующие мероприятия:

В рамках увеличения показателей энергоэффективности на установках проведены следующие мероприятия:

- ЭЛОУ-АВТ- 5АВТ-5. Актуализация режимных карт ВХР;
- ЭЛОУ-АВТ-6. Чистка теплообменного оборудования Т-4-2, Т-5-2, Т-7-1 на режиме;
- ЭЛОУ АВТ-5. Оптимизация работы котлов-утилизаторов КУ-1, 2;

- УМК-1. Замена поверхностей нагрева, восстановление обмуровки котлов- 1,2,3,4,5,6,7;
- ЛЧ-35/11-600. Ремонт байпасного шиберы КУ-801;
- ЛЧ-35/11-600. Оптимизация работы котла-утилизатора КУ-801;
- ПГИ-ДИГ-280. Техпереворужение. Изменение пароконденсатной схемы;
- УМК-1. Замена котлов-утилизаторов ПКС-6, ПКС-7;
- УМК-1. Реконструкция котла ПКС-3;
- Л-24/6. Оптимизация схемы подачи жидкого топлива на печи П-1,2, 3.

Суммарный эффект экономии ТЭР от реализуемых мероприятий представлен на рисунке 12. Экономический эффект реализованных мероприятий в рамках увеличения показателей энергоэффективности на установках составила около 10 миллион рублей, технологический эффект приблизительно 956, 8 тонн условного топлива.

Основными источниками финансирования мероприятий по увеличению энергоэффективности и энергосбережения производства являются: программы технического перевооружения, модернизации и реконструкции производства, в которых на этапе проектирования закладываются энергосберегающие мероприятия, заключающиеся в применение нового оборудования, автоматизации и сигнализации производства; программы развития и производства и ремонтно-эксплуатационных нужд, которые также показывают неразрывную связь состояния производственного оборудования и энергоэффективности.

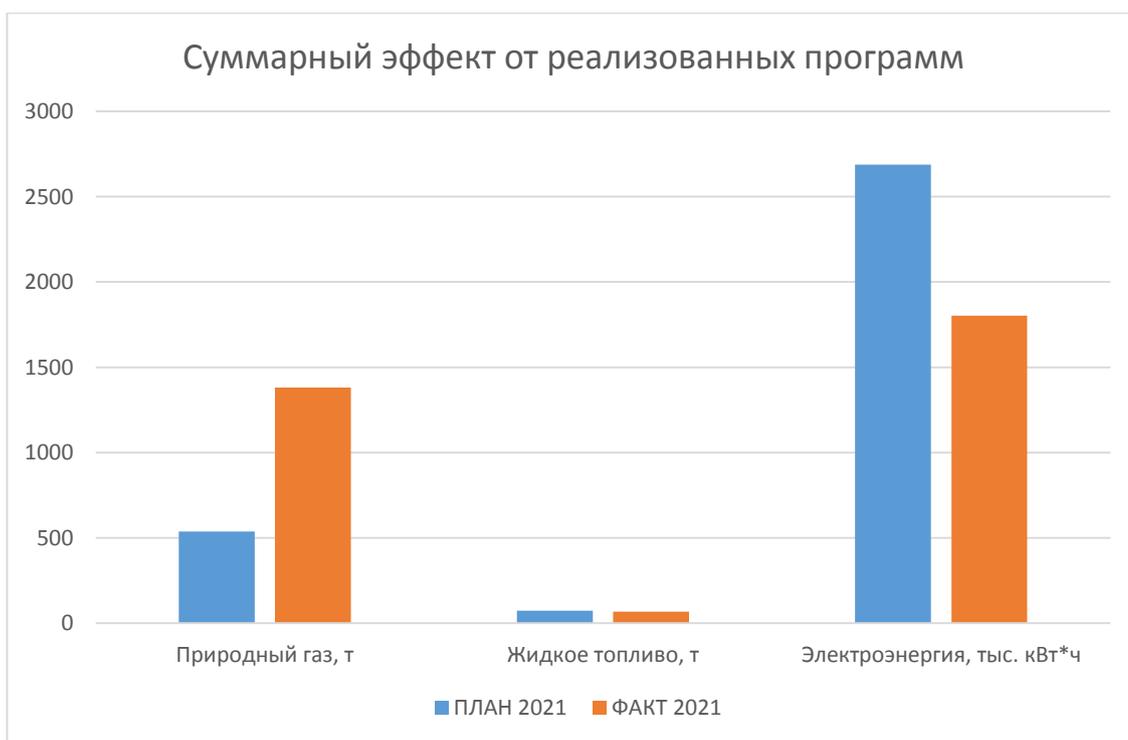


Рисунок 12 - Графическая иллюстрация экономии ТЭР.

Таким образом, по результатам исследуемого объекта можно сделать вывод, что интегрированная системы контроля энергоэффективности, не только позитивно влияет на обеспечение промышленной безопасности объекта, но и повышает энергоэффективность самого предприятия.

На следующий год АО «СНПЗ» с целью повышение энергоэффективности запланированы ряд мероприятий:

- дооборудование узлов учета топлива приборами, необходимыми для корректного определения массового расхода топливного газа по технологическим процессам;
- рассмотрение возможности замены печей технологических установок (при наличии перспективы дальнейшей эксплуатации установок) по технологическим процессам;
- оптимизации теплообмена по технологическим процессам;

- включение в программу энергоэффективности мероприятий по насосно-компрессорному оборудованию мощностью свыше 100 кВт, имеющему потенциал энергосбережения по технологическим процессам.

Повышение энергоэффективности производства важная задача реализации грамотной производственной политики предприятия, которую руководство может решать различными способами. Однако, по результатам проведенного расчета и анализа стоит отметить, что любое техническое перевооружение, модернизация и внедрение автоматизированных технологий в производственный процесс позволяет добиться пусть не прямого, но сопутствующего эффекта энергосбережения по отраслям.

### **3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых методов и средств снижения потенциальных аварий на объектах**

Для оценки эффективности внедрения интегрированной системы контроля энергоэффективности на опасном производственном объекте, а именно: ее влияние на частоту и интенсивность возникновения отказов, инцидентов и аварий, рассмотрим состояние нефтегазового комплекса за период 2022 года.

Федеральная служба по экологическому, технологическому, а также атомному надзору осуществляет надзор за обеспечением соблюдения требований промышленной безопасности в отношении 4 335 опасных объектов нефтегазоперерабатывающей и нефтехимической промышленности на территории Российской Федерации.

На территории поднадзорной Средне-Поволжскому Управлению Федеральной службы по экологическому, технологическому, а также атомному надзору зарегистрировано 245 опасных производственных объектов, на рисунке 13 показано процентное соотношение по областям.

На территории Самарской области сосредоточено 138 опасных производственных объектов, среди которых 34 объекта - I класса опасности. В

отношении объектов первого класса опасности установлен специальный режим государственного надзора, заключающийся в еженедельном пребывании инспектора Средне-Поволжским Управлением Ростехнадзора на объекте и оценки его соответствия требованиям промышленной безопасности.

По результат анализа получения информации об аварийной ситуации – более 30 % аварий распознаны службами контроля и мониторинга на основании данных автоматизированных систем по результатам отклонения технологических параметров.



Рисунок 13 – Распределение ОПО поднадзорных Средне-Поволжскому Управлению Федеральной службы по экологическим, технологическому и атомному надзору.

В 2022 году на объектах нефтеперерабатывающих производств РФ зафиксировано 11 аварий, в аналогичном периоде 2021 году государственным органом в области промышленной безопасности зафиксировано 10 аварий, классификация их по видам представлена на рисунке 14.

Основными видами аварий в 2022 году являлись:

- 46 % от общего числа – разрушение сооружений;

- 27 % от общего числа – выброс опасного вещества;
- 27 % приходится на неконтролируемый взрыв.

Результаты расследований причин аварий показывают, что главными причинами аварий (примерно около 35 %) являются ошибочные действия персонала эксплуатирующих или подрядных организаций, то есть главной причиной на сегодняшний момент остаётся «человеческий фактор». Эксплуатация оборудования после нормативного срока эксплуатации с достаточным физическим износом явился причиной 40 % аварий, сопровождающимися выбросом опасных веществ. К другим важным причинам стоит отнести недостаточный уровень контроля со техническим состоянием оборудования и отсутствие должного контроля за периодичностью проведения экспертиз промышленно безопасности с целью продления срока применения оборудования на объекте.

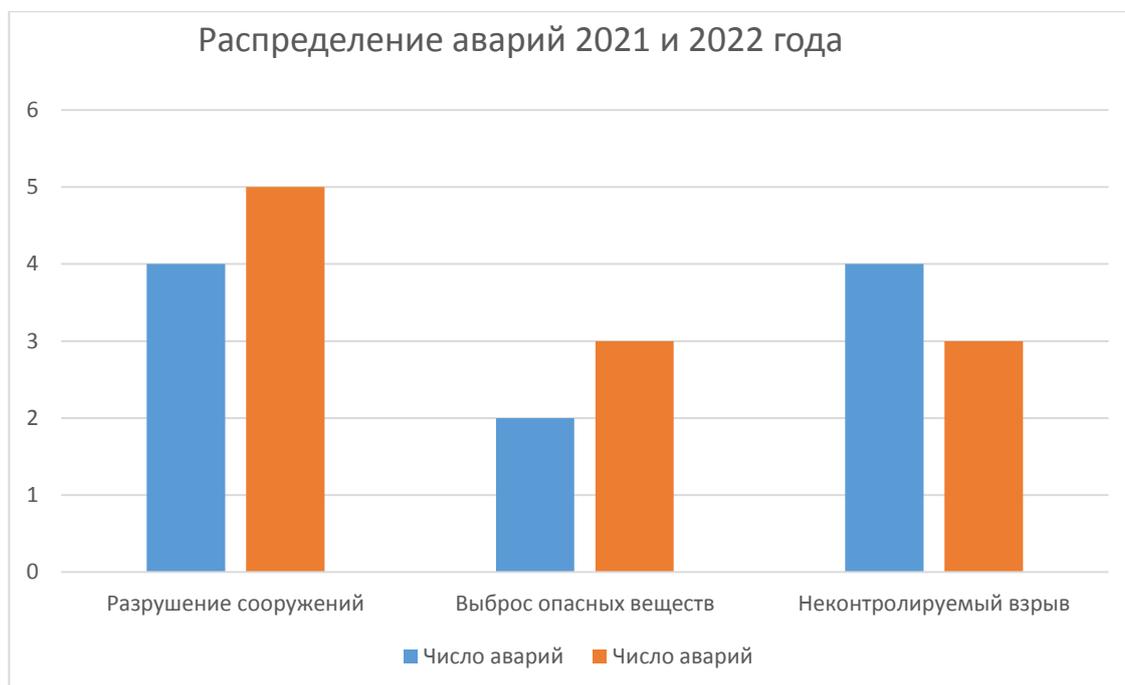


Рисунок 14 – Анализ причин аварий за период 2021 и 2022 года

В 2022 году на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса, в частности на нефтеперерабатывающих производствах

произошло

6 несчастных случаев с 13 погибшими. За аналогичный период годом ранее произошло 9 несчастных случаев с 9 погибшими. Основными результатами расследования причин несчастных случаев являются неквалифицированные действия персонала организаций при проведении работ, то есть тот же самый «человеческий фактор».

С целью снижения уровня аварийности и травматизма в отношении поднадзорных организаций Ростехнадзором регулярно проводятся профилактические мероприятия: проводятся консультации поднадзорных организаций, направляются информационные письма эксплуатирующим организациям с целью соблюдения и недопущения отклонений от требований промышленной безопасности, сведения о причинах аварий и несчастных случаев на производстве, а также направляются предостережения.

На территории Самарской, Ульяновской, Пензенской и Саратовской областей за период 2022 года аварий зарегистрировано не было. В составе поднадзорных предприятий, расположенных на территории Самарской области имеются крупные нефтегазоперерабатывающие заводы, входящие в состав ПАО «НК Роснефть», три крупных нефтехимических предприятия АО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания», Общество с ограниченной ответственностью «Новокуйбышевский завод масел и присадок» и ООО «ТольяттиКаучук».

Акционерное общество «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод» по своим технологическим процессам, объемам и видам производимой продукции является своеобразным двойником АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод», выбранного объектом для исследования.

С целью независимости и достоверности рассмотрим оснащённость аналогичного нефтеперерабатывающего завода и влияние энергоэффективных технологий на обеспечение безопасности.

10 марта 2019 года на АО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод» произошла авария.

АО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод» введен в эксплуатацию в сентябре 1951 года на основании приказа Министерства нефтяной промышленности. Установка замедленного коксования цеха №73 введена в эксплуатацию в 1985 году (процесс переработки тяжелых нефтяных остатков с получением светлых углеводородов и нефтяного кокса). В 2010 году установка замедленного коксования частично переведена на АСУТП в соответствии с проектом: «Восстановление работоспособности УЗК 21-10/5»

Установка состоит из следующих секций:

- секция С-100 - вакуумная перегонка;
- секция С-300 - замедленное коксование;
- секция С-400 - получение пара;
- секция С-500 - очистка газа коксования;
- транспортный блок.

Секция С-100 предназначена для ректификации под вакуумом полугудрона с целью получения сырья (гудрона-остатка) для секции С-300.

Секция С-300 предназначена для переработки гудрона-остатка вакуумной переработки с секции С-100, с получением: жирного газа коксования, рефлюкса, бензина коксования, легкого газойля коксования, тяжелого газойля коксования и кокса.

Секция С-400 предназначена для получения пара.

Секция С-500 предназначена для очистки газа коксования раствором моноэтаноламина (МЭА).

Транспортный блок предназначен для разделения кокса на фракции и его отгрузки.

Межремонтный пробег комбинированной установки замедленного коксования типа 21-10/5К составляет 320 суток (7680 часов) в год.

10 марта 2019 года в 16:02 в результате разгерметизации технологического трубопровода секции С-300 установки замедленного коксования цеха №73 и трубы змеевика печи произошла авария рисунок 15.

– По результатам анализа обстоятельств аварии и совокупности признаков, выявленных при обследовании отобранных образцов было установлено, что развитие аварии на Установке замедленного коксования 21-10/5К, цеха № 73 АО «Новокуйбышевский НПЗ», 10.03.2019 г. произошло в результате реализации следующего сценария, представленного на рисунке 16: работа установки в штатном режиме;

– начало исполнения штатной технологической операции по переводу потока вторичного сырья с реактора Р-301/1 в реактор Р-301/2;

– ошибочное закрытие проходной электрозадвижки Z2-1 на входе в реактор Р-301/2, после того, как поток сырья был полностью переведен на данный реактор посредством четырехходового крана, поз. Кр-301;

– остановка потока сырья в трубопроводе №2 «Линия от Н-302/1,2,3,4 до П-301/1» и змеевике печи П-301/1, рост давления в них до значения максимального напора насоса Н-302/2 при нулевой подаче;

– прихват давлением проходной электрозадвижки Z2-1, приведший к безуспешности попыток ее открыть после обнаружения нештатного роста давления в системе;

– разрыв трубопровода №2 «Линия от Н-302/1,2,3,4 до П-301/1» в наиболее слабом участке с наибольшим коррозионным утонением стенок, выход, воспламенение сырья, возникновение пожара пролива;

– рост давления в печном змеевике после запираания в трубопроводе №2 обратных клапанов, препятствующих выходу сырья из змеевика печи в обратном направлении к месту первичного порыва;

разрыв трубы № 42 правого экрана змеевика печи П-301/1, приведший к выходу, воспламенению сырья и возникновению пожара в печи.



Рисунок 15 – Фото с места аварии 10 марта 2019 года АО «НкНПЗ».

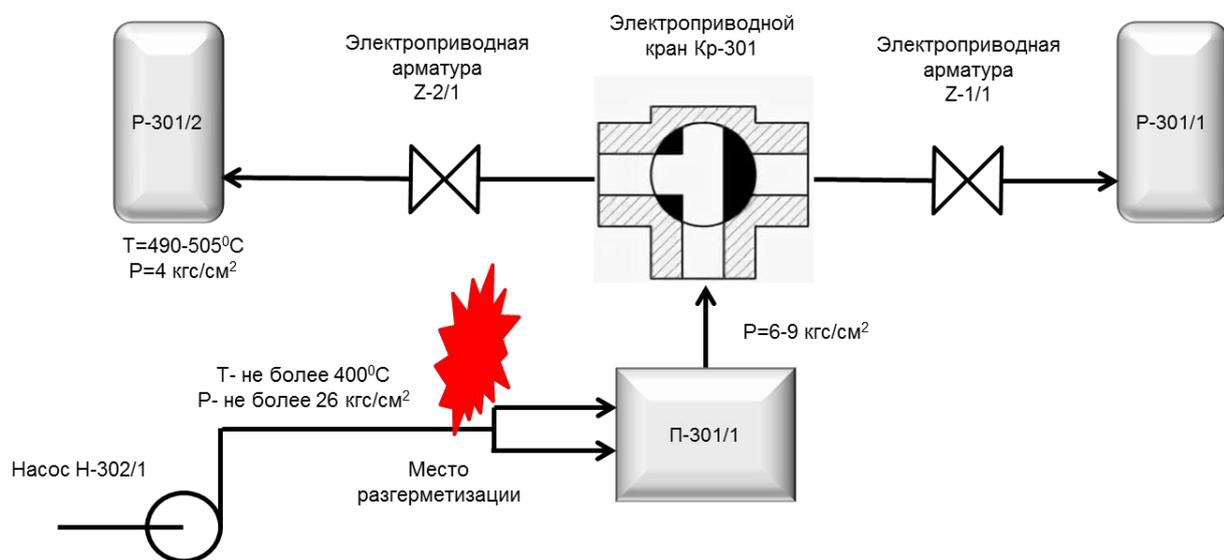


Рисунок 16 – Сценарий причин возникновения аварии.

Основными техническими причинами аварии по результатам расследования комиссией явилось:

- ошибочное действие оператора (закрытие проходной электрозадвижки Z2-1 на входе в реактор P-301/2 после того, как поток сырья был полностью переведен на данный реактор посредством электроприводного крана поз. Кр-301), выполненное в рамках технологической операции переключения потока сырья из одного реактора коксования в другой (реакторы P-301/1, P-301/2);

- отсутствие обеспечения автоматизированной системой управления и ПАЗ технологической операции по переводу реакторов поз. P-301/1,2 установки замедленного коксования, имеющей в своем составе технологические блоки I и II категории взрывоопасности, автоматического регулирования процесса перевода реакторов поз. P-301/1,2 и безаварийной остановки производства по специальным программам, определяющим последовательность и время выполнения операций отключения при аварийных ситуациях в технологической системе (технологическом блоке, техническом устройстве), а также снижения или исключения возможности ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса, а именно:

- 10.03.2019 управление электроприводной арматурой поз. Z-1/1, Z-2/1 при переводе реакторов поз. P-301/1,2 осуществлялось по месту в ручном режиме;

- электроприводная арматура поз. Z-1/1, Z-2/1 имеет дистанционное и ручное управление, тогда как управление электроприводным краном поз. КР-301 осуществляется только в ручном режиме.

Главными организационными причинами, произошедшей аварии, по результатам расследования комиссия посчитала:

- отсутствие в проектной документации установки замедленного коксования разделение технологической схемы производства на отдельные технологические блоки, и как следствие из этого: не обоснованы результатами анализа опасностей технологических процессов, обеспечивающих взрывобезопасность технологического блока, выбор типа

отключающих устройств и мест их установки, а именно: электроприводная арматура поз. Z-1/1, Z-2/1 имеет дистанционное и ручное управление, тогда как управление электроприводным краном поз. КР-301 осуществляется только в ручном режиме.

То есть основными причинами произошедшей аварии считается человеческий фактор и отступление от требований промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта нефтеперерабатывающего производства, в частности необходимости автоматизации производства.

По результатам рассмотрения частных случаев произошедших аварий на территории Самарской области за последние 5 лет можно сделать, что гипотеза, выдвинутая ранее в данной диссертации, подтверждается экспериментально. Ведь главными техническими причинами произошедших аварий являются несоблюдение или частичное отступление от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

Ежегодно статистический отдел центрального аппарата Федеральной службы по экологическому, технологическому, а также атомному надзору публикуют информацию о классификации и частоте выявления территориальными органами нарушений в области промышленной безопасности. Если принять во внимание количество выявленных нарушений и степень их тяжести, то можно проанализировать не только степень модернизации нефтеперерабатывающих производств, но и риск развития неблагоприятных событий на опасных производственных объектах, таких как: отказы оборудования, инциденты, аварии и несчастные случаи на производстве.

Перечень наиболее встречающихся нарушений обязательных требований в сфере деятельности Ростехнадзора, в частности на объектах нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности представлен в таблице 4.

Таблица 5 – Наиболее часто встречающиеся нарушения требований промышленной безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов.

Описание нарушения обязательных требований	Нормативный правовой акт, устанавливающий обязательные требования	Ответственность за нарушение обязательных требований	Степень риска причинения вреда (высокая, средняя, низкая)	Степень тяжести негативных последствий нарушения (тяжкая, средней тяжести, легкая)
Нарушения порядка проведения аттестации в области промышленной безопасности руководящего состава и инженерно-технического персонала	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений по степени риска)	Организационные
Эксплуатация зданий, сооружений и технических устройств, применяемых на объектах, за пределами назначенных показателей эксплуатации этих объектов без проведения экспертизы промышленной безопасности	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений по степени риска)	Организационные и технические
Отсутствие систем управления технологическими процессами и противоаварийной автоматической защиты.	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений)	Организационные и технические

Описание нарушения обязательных требований	Нормативный правовой акт, устанавливающий обязательные требования	Ответственность за нарушение обязательных требований	Степень риска причинения вреда (высокая, средняя, низкая)	Степень тяжести негативных последствий нарушения (тяжкая, средней тяжести, легкая)
			по степени риска)	
Неорганизованные в необходимые сроки работы по техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования, зданий и сооружений	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений по степени риска)	Организационные и технические
Эксплуатация оборудования при отклонении регламентированных параметров от заданных значений ведения технологических процессов	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений по степени риска)	Организационные и технические
Неудовлетворительная организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.	ФЗ №116 от 21.07.1997	ст. 9.1. КоАП РФ	Не представляет возможным (отсутствие единых подходов к классификации нарушений по степени риска)	Организационные

Среди часто выявляемых нарушений требований промышленной

безопасности имеют место серьезные нарушения, которые непосредственно влияют на безопасную эксплуатацию опасного объекта, а именно:

- эксплуатация оборудования с отклонениями от регламентированных параметров;
- эксплуатация оборудования с истекшим сроком эксплуатации без проведения экспертизы промышленной безопасности;
- отсутствие систем управления контроля за технологическим процессом и систем сигнализации;
- несвоевременное диагностирование объектов.

Все это является серьезными нарушениями надежной и безопасной эксплуатации производства, а в дополнение к этому отсутствие производственного контроля со стороны эксплуатирующей организации добавляет определенные риски возникновения нештатных ситуаций.

Таким образом, стоит отметить, что внедрение систем мониторинга, управления и диагностирования технологических процессов, осуществляющих свою функцию в режиме реального времени, содержащие полноценную информацию об объекте исследования, а также прогнозирующие возникновение и предотвращение аварийных ситуаций это не только показатель энергоэффективности производства, но и требование действующего законодательства, направленное на обеспечение сохранности и защищенности производственных объектов, и исключаящих развитие угрозы жизни и здоровья населения.

### **Основные выводы по главе 3**

Установлена необходимость системного подхода к оценке, анализу и прогнозированию технического состояния объекта при мониторинге безопасности ОПО в нефтегазовой отрасли.

Рассмотрены основные цели и функции интегрированную систему контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства.

Основной целью внедрения является повышения качества принимаемых решений при осуществлении технологического процесса, а также планировании потребления топливно-энергетических ресурсов посредством.

Рассмотрены основные случаи возникновения аварийных ситуаций, отраженных в системе контроля энергоэффективности нефтеперерабатывающего производства. К таким причинам относятся отклонения от нормальной работы установки, загазованность территории, а также при попадание значительного количества воды в систему.

Главным образом, отображено внедрение исследуемого объекта на повышение энергоэффективности предприятия, а именно: показано качественное внедрение мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности производства, а также продемонстрировано суммарные количественные показатели от их внедрения.

В рамках анализа внедрения предлагаемого метода на безаварийную и безопасную эксплуатации проведен анализ состояния нефтегазоперерабатывающей отрасли со стороны количества аварий на объектах. Рассмотрена классификация видов аварий и их основные технические причины.

Проведена параллель нефтеперерабатывающих производств и наличие нарушений требований промышленной безопасности на риск возникновения аварийной ситуации. Сделан вывод на основании анализа, что главными техническими причинами произошедших аварий являются несоблюдение или частичное отступление от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

## Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, рассмотрены основные показатели энергоэффективности и энергосбережения предприятия нефтегазового комплекса и их влияние на обеспечение безопасной эксплуатации объекта.

По результатам анализа нормативно законодательной базы в области энергоэффективности и энергосбережения предприятий и обеспечения промышленной безопасности можно сделать вывод о развитии в данной области. При этом стоит отметить, что в настоящее время существует потенциал для развития правового регулирования в области промышленной безопасности.

Цель исследования достигнута: проведен анализ мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности и их влияние на обеспечение безаварийной эксплуатации производства, в частности исследованы количественные показатели увеличения энергоэффективности на примере исследования существующей интегрированной системы контроля энергоэффективности с возможностью управления и диагностики технологическим процессом на АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод».

В заключение можно сделать вывод о том, что повышение энергоэффективности является актуальной задачей промышленных предприятий нефтегазового комплекса не только с целью снижения расходов и увеличении прибыли, но и с точки зрения повышения безопасности, снижения аварийности и травматизма.

В настоящее время нефтеперерабатывающие производства осуществляют программы энергосбережения и увеличения энергетической эффективности на в долгосрочном периоде. Основной целью которых, является снижение потребления ресурсов при обеспечении регламентированных показателей технологических процессов, сохранения надежности работы оборудования и обеспечения безопасной эксплуатации.

## Список используемых источников

1. Бакис К.Я. Экономическая эффективность автоматических станочных линий в машиностроении: учебное пособие / К.Я. Бакис. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 2018. – 144 с.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и нанотехнические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. Часть 1. Научные основы безопасности и защищенности критически важных для национальной безопасности объектов. Н.А. Махутов, Р.С. Ахматханов, Е.Ф. Дубинин, В.И. Куксова, В.П. Петров, Д. О. Резников, О.Н. Юдина. – Москва: МГОФ «Знание». 2012.- 896 с.
3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и нанотехнические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. Часть 2. Обеспечение защищенности критически важных объектов от чрезвычайных ситуаций. Н.А. Махутов, Р.С. Ахматханов, Е.Ф. Дубинин, В.И. Куксова, В.П. Петров, Д. О. Резников, О.Н. Юдина. – Москва: МГОФ «Знание». 2012.- 588 с.
4. Биргер И. А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – Москва: Машиностроение, 1978. – 240 с.
5. Бушуев, В.В. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. – 302 с
6. Егоров, А.Ф. Разработка моделей оценки риска для предприятий химической промышленности / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, А.С. Макарова //Химическая промышленность. – 1998. – №7. – С. 55-63.
7. Кутателадзе, С.С. Теплообмен и трение в турбулентном пограничном слое / С.С. Кутателадзе, А.И. Леонтьев. - М. : Энергия, 1972. - 334с.
8. Кучина Е.В. Обеспечение конкурентоспособности промышленных предприятий на основе повышения производительности совокупного труда: учебное пособие / Е.В. Кучина. – М.: Инфра-М, 2018. – 206 с.

9.Махутов, Н.А. Выбор параметров и принципы построения систем штатной и аварийной диагностики критически важных объектов и их защиты от комплексных угроз / Н. А. Махутов, В. П. Петров, Р. С. Ахметханов, Е. Ф. Дубинин, В.И. Куксова // проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2008. №2.

10. Мешкова Ю.В., Суетин А.Н. Своевременный контроль за состояние оборудования как показатель энергоэффективности производства //Иновационные научные исследования. 2023. № 2-1(26). С. 50-56.

11. Новиков Д.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы: учебное пособие / Д.А. Новиков, А.А Иващенко. – М.: КомКнига, 2016. – 332 с.

12. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс]: федеральный закон: [принят Гос. Думой 6 июля 2011 года: одобрен Советом Федерации 13 июля 2011 года], №256-ФЗ. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/12188188/paragraph/1:1>

13. Об утверждении государственной программы Российской Федерации Энергоэффективность и развитие энергетики комплекса [Электронный ресурс]: постановление: [принят Председателем Правительства РФ 14 апреля 2014 года], №321. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201404240009>.

14.Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]:Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: [Принят Руководителем Ростехнадзора 15 декабря 2020 года], №533. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012250048>.

15.Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой

промышленности» [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: [Принят Руководителем Ростехнадзора 15 декабря 2020 года], №534. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573230594?marker=7D20K3>

16. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: [Принят Руководителем Ростехнадзора 11 декабря 2020 года], №517. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012230062>

17. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 года: одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года], №261-ФЗ. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102090643&backlink=1&nd=102133970>.

18. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 04.06.2008. №889. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_87685](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87685)

19. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федеральный закон РФ от 21.07.1997 №116-ФЗ ред. 25.03.2017 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9046058>

20. Оценка работоспособности системы энергетического менеджмента АО «СНПЗ» со стороны руководства - Сызрань: изд-во АО «СНПЗ», 2022. – 26 с

21. Пострелова А.В. Управление эффективностью использования основных средств как механизм развития предприятия: экономика и социум./

А.В. Пострелова, 2014

22. Романова В.В. Актуальные проблемы энергетического права. / В.В. Романова. - М.: Издательство «Юрист». 2015. С. 187

23. Технологический регламент АО «СНПЗ» Атмосферно-вакуумной трубчатки ЭЛОУ-АВТ-5 №П1-02.02 ТО ТР-0001-2020 ЮЛ-039- Сызрань: изд-во АО «СНПЗ», 2020. – 216 с.

24. Устинов А.А. Реализация новой концепции государственного регулирования вопросов промышленной безопасности в нефтяной отрасли // Правовой энергетический форум. 2014, № 3. С. 14

25. Шнайдер О.В. К вопросу анализа и оценки финансового состояния экономического потенциала хозяйствующего субъекта / О.В. Шнайдер // Вестник Сам-ГУПС. – 2018. – № 4. – С. 16-20.

26. Шумак О.А. Финансы предприятия: учет и анализ: учебное пособие для студентов ВУЗов / О.А. Шумак. – М.: Риор, 2019. – 191 с.

27. Экономический анализ: учебное пособие / Под ред. А.В. Шмакова. – М.: Магистр, 2018. – 316 с.

28. Энергоэффективность и энергетическая безопасность в Содружестве Независимых Государств/ Энергетический выпуск ЕЭК No. 17. / ООН, 2001. - 124 с.

29. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11. 2009 г. №1715-р. М-во энергетики Российской Федерации. Приложение к журналу "Энергетическая политика". – Москва: Институт стратегической энергии, 2010. – 183 с

30. Юнусов Г.С. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования: учебное пособие / Г.С. Юнусов, А.В. Михеев, М.М. Ахмадеева. –М.: РГГУ, 2018. – 160 с.

31. Stubelj, I. R., Ruschmann, H., Wold, K., Gomnaes, J. O. Pipeline Predictive Analytics Trough On-Line Remote Corrosion Monitoring/ I. R. Stubelj,

H. Ruschmann, K. Wold, J.O.Gomnaes. // NACE-2019-12899; CORROSION 2019, Nashville, Tennessee, USA, March 2019.

32.Zemenkova, M.Y. Neural network monitoring and predictive control of the reliability and safety of gas distribution networks using deep learning algorithms //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019 - Vol.663.

33. Zemenkova M.Y. Methodology of Monitoring of Hydrocarbon Transportation Hydraulic Reliability / M.Y. Zemenkova //Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2018.- №692.- pp. 679-688

34.WEC. Energy efficiency principle–[Электронный ресурс] – Режим доступа: URL:<https://www.worldenergy.org/publications/entry/energy-efficiency-a-recipe-for-success>.

35.World Energy Outlook [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iea.org/russian>.