

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Риск-ориентированный подход при диагностировании технологических  
трубопроводов установки ЭЛОУ АВТ – 6**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

студента (ки) 4 курса 441 группы  
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
код и наименование направления, специальности  
Института химии

Маркачевой Елены Эдуардовны

Научный руководитель

к.х.н., доцент \_\_\_\_\_ В.З. Угланова \_\_\_\_\_  
должность, уч. ст., уч. зв. подпись, дата инициалы,  
фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ Р.И. Кузьмина \_\_\_\_\_  
должность, уч. ст., уч. зв. подпись, дата инициалы,  
фамилия

Саратов 2021

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Трубопровод** – экономичный метод транспортировки, широко распространённый по всему миру, однако требующий надёжные методы контроля за их технологическим состоянием. Во время эксплуатации трубопровода возможны его деформация и изнашивание, что может явиться причиной аварии. Для минимизации риска порчи оборудования и локализации проблемных участков, проводится диагностика трубопроводов.

Важное значение в повышении технико-экономических показателей деятельности НПЗ при эксплуатации трубопроводов имеют разработка и внедрение комплекса эффективных мер по снижению энерго- и ресурсозатрат на диагностирование состояния технологических трубопроводов.

При определении методов и периодичности технических освидетельствований объектов, работающих под давлением, а также их технического обслуживания, ремонта и выполнения иных мероприятий условно можно выделить два подхода:

традиционный (или предписывающий) – принят в ряде стран, в том числе в России, основан на выполнении жестких нормативных требований по срокам и методам инспектирования;

риск-ориентированный – учитывает фактическое состояние технических устройств и факторы, влияющие на риск их отказа.

Проанализировав перспективы внедрения данного метода, можно убедиться в его важности и особенности для диагностирования технологических трубопроводов на нефтеперерабатывающем заводе.

**Целью** бакалаврской работы является обоснование увеличения межремонтного пробега технологических трубопроводов с сохранением приемлемой надёжностью их эксплуатации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить режимы эксплуатации технологических трубопроводов;

- рассмотреть методы неразрушающего контроля технологических трубопроводов;
- предложить модель (зависимость) сроков проведения плановых диагностических операций и ремонтов на основе риск-ориентированной модели.

Автореферат изложен на 12 страницах, состоит из введения, трех разделов, заключения. Текст сопровождается 1 таблицей.

## **Раздел 1 Технологические трубопроводы**

### **1.1 Саратовский нефтеперерабатывающий завод**

Основными видами деятельности НПЗ является переработка нефти. В настоящее время предприятие выпускает автомобильные неэтилированные бензины и дизельные топлива, бензин газовый стабильный, дорожные битумы, топочный мазут, судовое топливо, топливо нефтяное тяжёлое экспортное, техническую серу .

Для транспортировки нефти и нефтепродуктов существуют различные способы: водный, железнодорожный, автомобильный и трубопроводный транспорт.

Наиболее экономичной является трубопроводная транспортировка.

Трубопровод – инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора.

Основными преимуществами такого вида транспорта нефтепродуктов являются: низкая себестоимость перекачки; такой вид транспортировки не зависит от погоды, времени года и суток, что обеспечивает её бесперебойность; такую транспортировку легко автоматизировать; трубопроводы значительно уменьшают транспортные потери.

### **1.2 Контроль состояния трубопроводов**

Технологические трубопроводы работают в разнообразных условиях, находятся под воздействием значительных давлений и высоких температур,

подвергаются коррозии и претерпевают периодические охлаждения и нагревы. Их конструкция делается всё более сложной за счёт увеличения рабочих параметров транспортируемого продукта и роста диаметров трубопроводов и ужесточения требований к надёжности эксплуатируемых систем. Поэтому возникает необходимость контроля состояния технологических трубопроводов.

Таблица 1 – Периодичность проведения контроля технологических трубопроводов

<b>Наименование трубопровода</b>	<b>Периодичность проведения</b>	
	<b>ревизии</b>	<b>испытания</b>
Бензин от участка л.7/187 (от Т-26 до выхода с установки), л.7/213 (от Т-29 до выхода с установки) до парка № 102 и до пр. №4	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Бензин от участка л.7/219 (от ЭР-1 до выхода с установки) до узла №22	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
УВГ от Е-27 до пр. №3	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо от линии №5/133/2 на секцию висбрекинга гудрона	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Гудрон от участка л.2/58 (от Т-7/1 до выхода с установки) до УПБ	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо от участка л.5/99/1 (от Т-34/1) до выхода с установки	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо от участка л.5/112 (от Т-47 до выхода с установки) до пр. №4	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо от л.6/170 (от Т-24 до узла смешения с установки) выход с установки до пр. №2	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо от участка л.6/170 (от Т-24 до выхода с установки) до парка № 103	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет
Дизельное топливо с ЭЛОУ-АВТ-6 на установку изомеризации пентано-тексановой фракции	1 раз в 4 года	1 раз в 8 лет

Согласно действующему законодательству определены основные виды контроля технического состояния технологических трубопроводов.

1. *Постоянный контроль* – проводится оператором установки путём наружного осмотра трубопровода и его элементов в течении каждой рабочей смены с записью результатов в вахтовый журнал.
2. *Периодический контроль* – проводится оператором установки на основе технического осмотра с целью контроля их безопасной эксплуатации.
3. *Ревизия* – проводиться с периодичностью, указанной в НТД, и включает в себя такие методы, как визуальный и измерительный контроль, ультразвуковая толщинометрия (измерение толщины стенки трубы, отвода, перехода), рентгенография (оценка качества сварных швов).
3. *Экспертиза промышленной безопасности* – проводится после окончания срока безопасной эксплуатации, указанного в проектной документации или назначенного по результату прошлой ЭПБ.

## **Раздел 2 Технологические трубопроводы установки ЭЛОУ-АВТ-6**

Установка ЭЛОУ-АВТ-6 предназначена для обессоливания и обезвоживания сырой нефти, вакуумной перегонки мазута, стабилизации бензина с целью получения сырья для установок каталитического риформинга, гидроочистки дизельных топлив и керосина, производства битума и получения компонентов товарных нефтепродуктов.

Выполнение всех основных операций на нефтебазах – перевалку нефти и нефтепродуктов крупными партиями с одного вида транспорта на другой, отпуск потребителю через сеть филиалов и автозаправочных станций, приём нефти и нефтепродуктов из магистральных и распределительных трубопроводов, нефтеналивных судов и барж, железнодорожных цистерн - невозможно представить без технологических трубопроводов. Поэтому предметом исследования являются технологические трубопроводы установки ЭЛОУ-АВТ-6 НПЗ.

## **Раздел 3. Риск-ориентированный подход**

### **3.1 Назначение риск-ориентированного подхода**

Для уменьшения времени простоя оборудования (увеличения межремонтного пробега) возможно проведение комплекса мероприятий с целью оценки технического состояния оборудования. Применение комплексного подхода позволит иметь точную информацию о техническом состоянии оборудования, тем самым повысить надёжность работы предприятия в целом, снизить внеплановые остановки, минимизировать время простоя, связанного с диагностикой и ремонтом.

Для минимизации затрат (временных и экономических) на проведение диагностирования трубопроводов нужно применить риск-ориентированный подход. В рамках данного подхода провести ранжирование трубопроводов. В зависимости от присвоенного ранга рассчитываются методы и периодичность проведения диагностики.

Риск-ориентированный подход – техническое освидетельствование с учётом факторов риска (Risk Based Inspection – RBI) представляет собой процесс систематического определения вероятности отказа и последствий отказа для единицы или группы компонентов оборудования с целью определения оптимальных, приоритетных сроков следующего технического освидетельствования.

Эта методика требует анализ вероятности отказа и последствий отказа объекта. Таким образом, риск оборудования определяется, как:

$$\text{Риск} = \text{Вероятность} \cdot \text{Последствия.}$$

### **3.2 Оценка вероятности и последствий отказа**

Риск-ориентированный подход требует группирования каждой системы по зонам после проведения оценки вероятности и последствий отказа для каждого предполагаемого наружного и внутреннего повреждения.

*Оценка вероятности отказа.* Для определения оценки вероятности отказа, необходимо использовать данные и отчёты (расчетные, исследовательские, экспериментальные): по балансу тепла и массы; проектной спецификации; образцов жидкостей; по коррозионным купонам и зондам; наружного контроля; статистики по отказам.

Вследствие этого, значение оценки вероятности классифицируется на 5 категорий: критический; высокий; средний; низкий; незначительный.

### **3.3 Определение остаточного ресурса**

Остаточный ресурс единицы оборудования является существенным параметром для инициации графика технического освидетельствования (инспекции).

Остаточный ресурс определяется:

$$Тост = K (Sф — Sотб) / Aф , где$$

Тост – остаточный ресурс элемента, годы;

Sф – фактическая толщина элемента, мм;

Sотб – отбраковочная толщина элемента, мм;

K – коэффициент, зависящий от категории и срока службы трубопровода без замены;

Aф – фактическая скорость коррозионного и эрозионного износа, мм/год;

Трубопровод 2/263

$$Тост1 = 1 * (8-2,5) / 0,1 = 55 \text{ лет}$$

$$Тост2 = 1 * (3,5-1,5) / 0,1 = 20 \text{ лет}$$

$$Тост3 = 1 * (3-1,5) / 0,1 = 15 \text{ лет}$$

Трубопровод 5/133/3

$$Тост1 = 1 * (6-2) / 0,1 = 40 \text{ лет}$$

$$Тост2 = 1 * (4-1,5) / 0,1 = 25 \text{ лет}$$

$$Тост3 = 1 * (3,5-1,5) / 0,1 = 20 \text{ лет}$$

$$Тост4 = 1 * (2,5-1) / 0,1 = 15 \text{ лет}$$

Трубопровод 5/266

Тост1 = 0,95 \* (8-2,5) / 0,1 = 58 лет

Тост2 = 0,95 \* (4-2) / 0,1 = 19 лет

Тост3 = 0,95 \* (4-2) / 0,1 = 19 лет

Тост4 = 0,95 \* (6-1,5) / 0,1 = 43 года

#### Трубопровод 5/267

Тост1 = 0,95 \* (8-2,5) / 0,1 = 52 года

Тост2 = 0,95 \* (8-2,5) / 0,1 = 52 года

Тост3 = 0,95 \* (6-2) / 0,1 = 38 лет

Тост4 = 0,95 \* (4-1,5) / 0,1 = 24 года

Тост5 = 0,95 \* (2,5-1) / 0,1 = 14 лет

#### Трубопровод 6/170/1

Тост1 = 1 \* (8-2,5) / 0,1 = 55 лет

Тост2 = 1 \* (5-2) / 0,1 = 30 лет

Тост3 = 1 \* (5-2) / 0,1 = 30 лет

Тост4 = 1 \* (2,5-1) / 0,1 = 15 лет

Тост5 = 1 \* (3-1,5) / 0,1 = 15 лет

#### Трубопровод 6/170/2

Тост1 = 1 \* (4-2) / 0,1 = 20 лет

Тост2 = 1 \* (3-1) / 0,1 = 20 лет

#### Трубопровод 6/268

Тост1 = 1 \* (8-2,5) / 0,1 = 55 лет

Тост2 = 1 \* (4,5-2,5) / 0,1 = 20 лет

Тост3 = 1 \* (4-2) / 0,1 = 20 лет

Тост4 = 1 \* (4-2) / 0,1 = 20 лет

Тост5 = 1 \* (4-1,5) / 0,1 = 25 лет

Тост6 = 1 \* (3,5-1,5) / 0,1 = 20 лет

Тост7 = 1 \* (3,5-1,5) / 0,1 = 20 лет

Тост8 = 1 \* (2,5-1) / 0,1 = 15 лет

#### Трубопровод 7/269

Тост1 = 0,95 \* (8-2,5) / 0,1 = 52 года

Тост2 = 0,95 \* (4,5-2,5) / 0,1 = 19 лет

Тост3 = 0,95 \* (4-2) / 0,1 = 19 лет

Тост4 = 0,95 \* (3,2-1,5) / 0,1 = 16 лет

Тост5 = 0,95 \* (2-1,5) / 0,1 = 5 лет

Тост6 = 0,95 \* (2-1) / 0,1 = 10 лет

Трубопровод 7/270 а

Тост1 = 1 \* (4-2) / 0,1 = 20 лет

Тост2 = 1 \* (4-2) / 0,1 = 20 лет

Трубопровод 9/271/1-2

Тост1 = 0,95 \* (8-4) / 0,1 = 38 лет

Тост2 = 0,95 \* (8-4) / 0,1 = 38 лет

Тост3 = 0,95 \* (6-2,5) / 0,1 = 33 года

Тост4 = 0,95 \* (6-2,5) / 0,1 = 33 года

Тост5 = 0,95 \* (5-2) / 0,1 = 28 лет

Тост6 = 0,95 \* (5-1,5) / 0,1 = 33 года

Тост7 = 0,95 \* (4-1,5) / 0,1 = 24 года

Тост8 = 0,95 \* (3,5-1,5) / 0,1 = 19 лет

Тост9 = 0,95 \* (2,5-1) / 0,1 = 14 лет

### **3.4 Периодичность проведения технических освидетельствований (инспекций)**

Периодичность технического освидетельствования (инспекции) означает то, как долго может допускаться эксплуатация оборудования с его оцененным или измеренным процессом деградации до необходимости проведения следующего технического освидетельствования (инспекции).

Периодичность технического освидетельствования (инспекции) рассчитывается следующим образом:

Периодичность технического освидетельствования = Фактор периодичности \*  
Остаточный ресурс

### Трубопровод 2/263

Фп1 = 0,6 \* 55 = 33 года

Фп2 = 0,6 \* 20 = 12 лет

Фп3 = 0,6 \* 15 = 9 лет

### Трубопровод 5/133/3

Фп1 = 0,4 \* 40 = 16 лет

Фп2 = 0,4 \* 25 = 10 лет

Фп3 = 0,4 \* 20 = 8 лет

Фп4 = 0,4 \* 15 = 6 лет

### Трубопровод 5/266

Фп1 = 0,4 \* 58 = 23 года

Фп2 = 0,4 \* 19 = 8 лет

Фп3 = 0,4 \* 19 = 8 лет

Фп4 = 0,4 \* 43 = 17 лет

### Трубопровод 5/267

Фп1 = 0,4 \* 52 = 21 год

Фп2 = 0,4 \* 52 = 21 год

Фп3 = 0,4 \* 38 = 15 лет

Фп4 = 0,4 \* 24 = 10 лет

Фп5 = 0,4 \* 14 = 6 лет

### Трубопровод 6/170/1

Фп1 = 0,4 \* 55 = 22 года

Фп2 = 0,4 \* 30 = 12 лет

Фп3 = 0,4 \* 30 = 12 лет

Фп4 = 0,4 \* 15 = 6 лет

Фп5 = 0,4 \* 15 = 6 лет

### Трубопровод 6/170/2

Фп1 = 0,4 \* 20 = 8 лет

Фп2 = 0,4 \* 20 = 8 лет

### Трубопровод 6/268

$\Phi_{\text{п}1} = 0,4 * 55 = 22$  года

$\Phi_{\text{п}2} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}3} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}4} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}5} = 0,4 * 25 = 10$  лет

$\Phi_{\text{п}6} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}7} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}8} = 0,4 * 15 = 6$  лет

Трубопровод 7/269

$\Phi_{\text{п}1} = 0,4 * 52 = 21$  год

$\Phi_{\text{п}2} = 0,4 * 19 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}3} = 0,4 * 19 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}4} = 0,4 * 16 = 6$  лет

$\Phi_{\text{п}5} = 0,4 * 5 = 2$  года

$\Phi_{\text{п}6} = 0,4 * 10 = 4$  года

Трубопровод 7/270 а

$\Phi_{\text{п}1} = 0,4 * 20 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}2} = 0,4 * 20 = 8$  лет

Трубопровод 9/271/1-2

$\Phi_{\text{п}1} = 0,4 * 38 = 15$  лет

$\Phi_{\text{п}2} = 0,4 * 38 = 15$  лет

$\Phi_{\text{п}3} = 0,4 * 33 = 13$  лет

$\Phi_{\text{п}4} = 0,4 * 33 = 13$  лет

$\Phi_{\text{п}5} = 0,4 * 28 = 11$  лет

$\Phi_{\text{п}6} = 0,4 * 33 = 13$  лет

$\Phi_{\text{п}7} = 0,4 * 24 = 10$  лет

$\Phi_{\text{п}8} = 0,4 * 19 = 8$  лет

$\Phi_{\text{п}9} = 0,4 * 14 = 6$  лет

Таким образом установлено, что применение методики риск-ориентированного подхода позволит предприятию:

- более точно планировать сроки и содержание ремонтных и пусконаладочных работ;
- планировать сроки закупок и необходимое количество запасных частей;
- сократить потребность наличных запасов резервных частей и материалов на складе;
- повысить надёжность, продлить межремонтный период и срок службы;
- сократить необходимость проведения внеплановых ремонтов и остановок производства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных теоретических и расчетных исследований сформулированы следующие выводы:

1) установлено, что метод риск-ориентированного подхода заключается в эффективном планировании необходимого объёма обследований и применения эффективных методов контроля для статического оборудования в нужное время и в нужном месте, основываясь на критичности оборудования и последствиях отказа его работоспособности;

2) рассчитаны основные параметры, необходимые для определения периода технического освидетельствования технологических труб НПЗ; это позволило более объективно подойти к реализации программ по техническому освидетельствованию технологических трубопроводов, применяемых на промышленных объектах;

3) установлено, что применение риск-ориентированного подхода позволило бы выявлять дефекты, которые имели тенденцию проявляться на протяжении определённого периода эксплуатации или в течение всего периода в определённых местах, обусловленных сложностью технологического процесса, спецификой работы технического устройства, агрессивностью технологической среды.