

На правах рукописи

Бмг

БУРКИНА ЕКАТЕРИНА НИКОЛАЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ПОКАЗАТЕЛЯ АБСОЛЮТНОЙ ОПАСНОСТИ**

Специальность 05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность»
(нефтегазовая отрасль)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа – 2009

Работа выполнена на кафедре «Машины и аппараты химических производств»
Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Научный руководитель Доктор технических наук, профессор
Кузеев Искандер Рустемович.

Официальные оппоненты: Доктор технических наук
Абдуллин Рафиль Сайфуллович;

Кандидат технических наук
Солодовников Александр Владимирович.

Ведущая организация Центр исследования чрезвычайных
ситуаций.

Защита состоится «13» ноября 2009 года в 15-30 на заседании совета
по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.289.05 при
Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу:
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского
государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан «13» октября 2009 года.

Ученый секретарь совета



Лягов А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Современные объекты инфраструктуры и техносферы включают в себя десятки тысяч опасных производств, сотни тысяч опасных технологических установок, сотни тысяч километров магистральных и технологических трубопроводов, разветвленные системы коммуникаций. В нефтегазовой отрасли растет мощность промышленных установок, усложняются технологии, возрастает влияние предприятий друг на друга, работа оборудования сильно зависит от правильности действий персонала, управляющего им.

Согласно статистике, ущерб от аварийности и травматизма достигает 5-10 % от валового национального продукта промышленно развитых государств, а загрязнение окружающей природной среды и несовершенная техника безопасности являются причиной преждевременной смерти 20-30 % мужчин и 10-20 % женщин. В связи с этим исследования поддержания и повышения уровня технического регулирования производств нефтегазовой отрасли по критериям опасности, надежности, эффективности и ресурса, призванные обеспечить приемлемый уровень защищенности опасных производственных объектов (ОПО) и населения, стали актуальной задачей науки, органов государственного управления и надзора.

Для достижения требуемого уровня безопасности и сокращения или устранения последствий аварий необходим комплекс мероприятий, направленный на повышение надежности работы оборудования, оснащение технологических установок системами противоаварийной защиты, совершенствование системы управления процессами и т.д. Использование критериев опасности сложных технических систем (СТС) позволит, применяя рычаги управления промышленной безопасностью, достичь баланса между вложением материальных ресурсов в производственные участки с целью предотвращения возникновения аварии и размером возможного ущерба (страхового взноса).

Однако создание системы управления промышленной безопасностью СТС не представляется возможным без поддержки принятия решений на основе достоверной информации об уровне техногенного риска.

В настоящее время остается открытым вопрос о формировании универсальной модели, с помощью которой оказалось бы возможным комплексно оценивать и сравнивать риски для различных промышленных объектов с учетом совокупности воздействующих на них и связанных с ними опасных факторов. Кроме того,

оценивание уровня техногенного риска осуществляется в условиях неопределенности, которая обусловлена в частности неполнотой и недостоверностью исходных данных.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка метода оценки индивидуальной опасности технологического оборудования на основе комплексного подхода и поддержки принимаемых управленческих решений.

Цель работы

Ранжирование оборудования на основе показателя абсолютной опасности для совершенствования системы управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов и принятия управленческих решений.

Задачи исследования

1 Выявление и анализ неопределенностей, возникающих при статистической оценке риска.

2 Обоснование использования показателя абсолютной опасности как критерия для ранжирования оборудования реальных объектов различного назначения.

3 Разработка алгоритма формирования предсказательной базы развития аварии и соответствующего возможного ущерба.

4 Апробация и верификация метода оценки опасности эксплуатации оборудования на основе показателя абсолютной опасности.

Научная новизна

1 На основе анализа существующих подходов к оценке риска впервые введен показатель абсолютной опасности эксплуатации оборудования, который позволяет ранжировать аппараты для принятия адекватных управленческих решений, направленных на повышение уровня безопасности. Показатель абсолютной опасности определяется как произведение интегрального параметра опасности на относительную величину потенциального материального ущерба.

2 Установлено, что величина абсолютной опасности эксплуатации однотипного оборудования является переменной и изменяется в пределах от 0,001 до 22. На основе полученных результатов выявлены наиболее опасные позиции оборудования с учетом возможности возникновения и воздействия поражающих факторов взрыво-, пожаро- и токсической опасности при реализации различных сценариев аварий, а также его взаиморасположения на промышленной установке.

3 Для формирования предсказательной базы возникновения ущерба предложена картограмма реализации аварийной ситуации. Рассчитанный на ее основе показатель абсолютной опасности позволяет на стадии проектирования разрабатывать мероприятия, направленные на снижение вероятности и тяжести реализации эффекта «домино».

Практическая ценность

На основе метода оценки абсолютной опасности эксплуатации оборудования разработан стандарт организации, применяемый ООО «ИНТЕРЮНИС» для ранжирования оборудования по степени опасности с целью оптимизации комплекса мероприятий, направленных на обеспечение промышленной безопасности, в частности, при оценке текущего состояния аппаратов и проведении неразрушающего контроля.

Апробация работы

Основное содержание работы докладывалось и обсуждалось на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых (Уфа, 2007 г.), международной научно-практической конференции «Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах» (г. Уфа, 2007, 2009 гг.), конференции «Техническое регулирование, стандарты и своды правил. Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (г. Сочи, 2008 г.).

Публикации

Основное содержание диссертации опубликовано в 14 работах, в том числе 2 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов по главам, списка использованных источников из 91 наименования, содержит 132 страницы машинописного текста, включая 34 рисунка и 27 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи, отражена научная новизна выполненных исследований и их практическая значимость.

В первой главе рассмотрены основные проблемы обеспечения промышленной безопасности в нефтегазовой отрасли, показана необходимость управления уровнем опасности СТС.

Основу исследований в диссертации составили теоретические и практические работы в области оценки опасности технических систем и анализа риска отечественных и зарубежных ученых, в числе которых: В.А. Акимов, П.Г. Белов, Е.В. Глебова, Л. Госсенс, А.И. Гражданкин, Е.В. Давыдова, А.Н. Елохин, А.М. Козлитин, И.Р. Кузеев, Х. Кумамото, В.И. Ларионов, М.В. Лисанов, В. Маршалл, Н.А. Махутов, Г.Е. Одишария, В.С. Сафонов, А.В. Солодовников, С.И. Сумской, А.С. Печеркин, Б.Е. Прусенко, М.Х. Хуснияров, Э. Хенли, А.Г. Чиркова, А.А. Швыряев, Ф. Юбер и др.

Технологические установки ОПО характеризуются большим количеством углеводородов, достигающим сотен тонн; температурами, превышающими температуры кипения, достигающими в некоторых случаях 525 °С, и давлением в десятки мегапаскалей. Перерабатываемыми продуктами являются воспламеняющиеся газы, горючие жидкости в парообразном, жидком и перегретом состоянии, при разгерметизации основных технологических аппаратов происходит мгновенный переход жидких углеводородов в парообразное состояние с образованием взрывоопасного облака, которое при наличии источника воспламенения может привести к взрыву, при разливе жидкой фазы – к возгоранию.

Рассмотрены основные причины возникновения аварийных ситуаций, приведена статистика аварий, произошедших на объектах нефтеперерабатывающей промышленности. Показано, что неудовлетворительное состояние технических устройств, зданий, сооружений, несовершенство технологии или конструктивные недостатки, нарушение технологии производства работ, ошибки персонала являются основными причинами возникновения опасных ситуаций.

Анализ аварий показал, что отдельные производства, характеризующиеся большой потенциальной опасностью, недостаточно снабжены средствами, предупреждающими залповый выброс горючих, токсичных продуктов в атмосферу и взрывы в закрытых системах. Этот факт обуславливается отсутствием аналитической количественной оценки опасностей технологических процессов производств.

Показано, что для разработки соответствующего математического аппарата анализа данных об опасности необходимо сформировать набор показателей, характеризующих тяжесть аварий, и соответствующие методы их оценки.

Поскольку любая авария характеризуется исходными событиями, путями протекания и последствиями, основным показателем опасности оборудования является риск. В данной главе приведены основные методы оценки и анализа риска.

Для использования величины риска надлежащим образом с целью принятия организационных и управленческих решений важно, чтобы была известна степень неопределенности оценки риска.

Источниками неопределенности в количественном анализе риска являются:

- 1) неполное распознавание основных опасностей;
- 2) экстраполирование исторических данных приводит к тому, что могут быть не обнаружены опасности, возникающие при переходе к оборудованию больших размеров;
- 3) ограничения теории деревьев отказов для упрощения системы;
- 4) неполнота анализа частот с использованием деревьев отказов и событий;
- 5) неопределенности в исходных данных;
- 6) данные могут быть неточными, неполными или не соответствующими действительности.

Кроме того, при оценке вероятности нежелательного события не учитываются индивидуальные особенности оборудования (материал, способ изготовления, условия эксплуатации, местоположение на промышленной площадке и т.п.), ее величина является одинаковой для однотипного оборудования.

Показано, что процедура анализа риска в полном объеме представляет собой значительные трудности и требует больших интеллектуальных и технических ресурсов.

Вторая глава посвящена решению задачи расчета интегральных параметров опасности технологического оборудования на основе факторов пожаро-, взрыво- и токсической опасности.

Высокая опасность установок нефтегазовых производств обусловлена, прежде всего, присутствием большого количества взрывопожароопасных и токсичных смесей газов и жидкостей, высокой плотностью размещения оборудования, а также наличием открытого пламени печей. Поэтому в качестве объектов исследования рассматривались атмосферно-вакуумная трубчатая установка с блоком

электрообессоливания и обезвоживания (ЭЛОУ-АВТ), установка каталитического риформинга (Л-35-11) и абсорбционная газодиффузионная установка (АГФУ-1).

Установка первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ опасна с точки зрения реализации пожаров пролива, поскольку в ней обращаются легкие и тяжелые фракции переработки нефти, нагретые до температур не более 300 – 350 °С при давлениях до 0,4 МПа. Установка Л-35-11 обладает высокой взрывоопасностью (относительный энергетический потенциал выше 100), что определяется наличием большого количества газообразных и жидких углеводородов при температуре более 350 °С и давлении выше 0,4 МПа. АГФУ-1 также имеет высокие показатели взрывоопасности, так как она характеризуется содержанием большого количества газообразных фракций углеводородов при высоких давлениях.

Определение опасности в одних и тех же сопоставимых величинах позволило бы оценивать степень опасности различной физической природы, а также потенциальную опасность одного объекта с потенциальной опасностью другого.

Для оценки индивидуальной опасности оборудования предлагается использовать разработанный Чирковой А.Г., Вахаповой Г.М., Давыдовой Е.В. интегральный параметр, в основу которого положены критерии пожаро-, взрыво- и токсической опасности производственных объектов.

При существующих принципах размещения технологического оборудования, когда однотипные аппараты объединяются в блоки (блоки теплообменников, электродегидраторов, колонн) важно учитывать возможность реализации эффекта «домино». Каждый аппарат на объектах исследования может являться как источником возникновения эффекта «домино», так и участвовать в его развитии.

Опасность оборудования по степени его влияния на дальнейшее развитие аварийной ситуации учитывалась на основе обобщенного интегрального параметра (ОИП). ОИП определяется как сумма индивидуальных интегральных параметров (ИИП) аппаратов, находящихся в зонах максимальных воздействий поражающих факторов рассматриваемых аварийных ситуаций.

Для объективной и полной оценки текущего состояния СТС с точки зрения опасности, которую она представляет, необходим подход, охватывающий идентификацию всех возможных источников опасности, их ранжирование и анализ.

Основной задачей этапа идентификации источников опасности технологического объекта является выявление и четкое описание всех присущих системе опасностей. Вместе с тем механизмы возникновения и развития аварии, как

правило, имеют сложные сценарии, включающие разные типы событий чрезвычайных ситуаций, поэтому число возможных сценариев может достигать нескольких тысяч. Определено, что наиболее часто наблюдаются пожары (пролива и «огненный шар»), взрывы (детонационный и дефлаграционный) и выбросы токсичных веществ.

Были проведены оценка и анализ опасности оборудования установок ЭЛОУ-АВТ, Л-35-11 и АГФУ-1 на основе ИИП и ОИП по методике, алгоритм реализации которой представлен на рисунке 1.

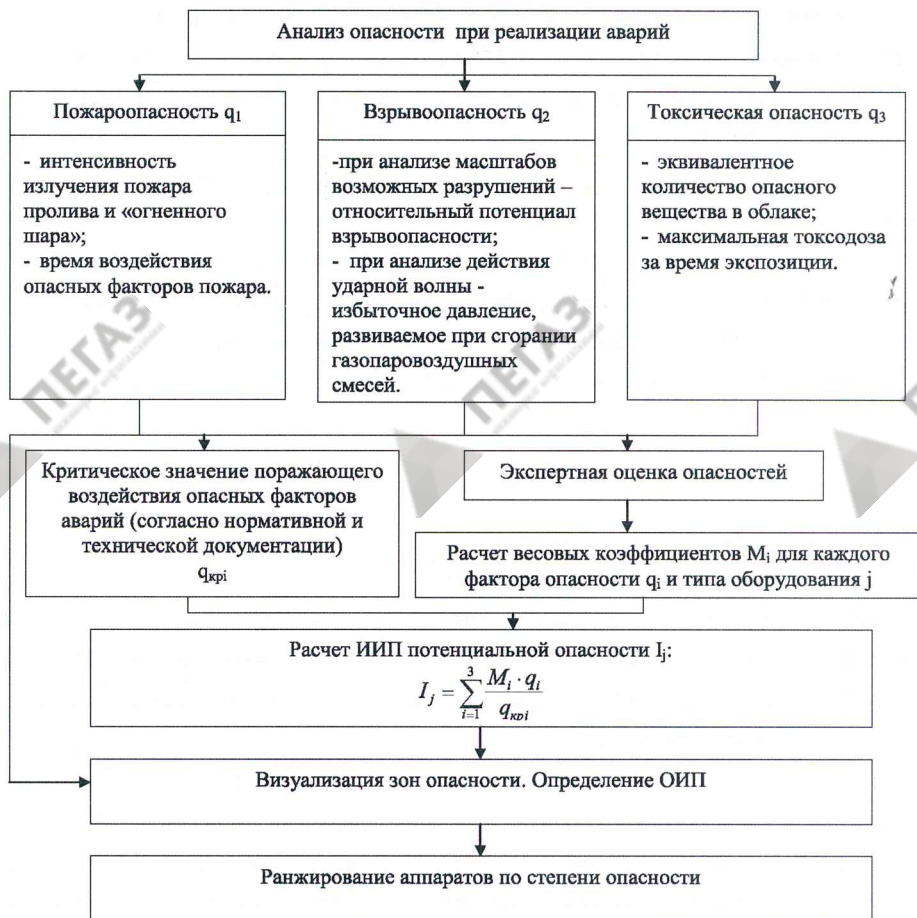


Рисунок 1 - Алгоритм интегральной оценки опасности оборудования

Установлено, что наиболее опасными при реализации рассматриваемых аварийных ситуаций являются следующие единицы оборудования: на установке ЭЛОУ-АВТ – колонна К-4, на установке Л-35-11 – реактор Р-4, на АГФУ-1 – десорбер К-4.

Сделан вывод о том, что один и тот же аппарат может характеризоваться различного рода опасностью. Так, на установке ЭЛОУ-АВТ колонна К-2 обладает наибольшим обобщающим интегральным параметром и является максимально опасной с точки зрения влияния на размер аварии и усугубления её последствий.

Третья глава содержит описание практического применения вероятностного метода определения опасности технологических установок на основе оценки риска.

При обосновании мероприятий по предупреждению аварий, катастроф и смягчению их последствий за риск обычно принимают показатель, включающий как вероятность наступления нежелательного события в течение года, так и связанный с ним ущерб.

В зависимости от решаемых задач риск можно представить в виде:

- математического ожидания ущерба определенного рода в течение года;
- частоты наступления неблагоприятного события в течение года.

Материальный риск R определяли по формуле

$$R = H \cdot U, \quad (1)$$

где H – частота наступления аварии, год⁻¹;

U – потенциальный ущерб от аварии, руб.

При анализе последствий рассматривались все возможные опасности с учетом факторов, способствующих реализации различных сценариев аварии. Процесс создания модели аварии основывается на анализе особенностей технологического процесса и включает три этапа.

На первом этапе были определены потенциальные аварийные ситуации и их возможные последствия. Материальный риск на установках ЭЛОУ-АВТ, Л-35-11 и АГФУ-1 обуславливается вероятностью разгерметизации мест высокой массовой концентрации легковоспламеняющихся жидкостей (бензина, нефти) и горючих газов.

На втором этапе были обозначены факторы, способствующие возникновению и развитию аварий, построены «деревья отказов». Структура «дерева отказов»

включает одно нежелательное конечное событие (авария, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих первичных событий (отказов, ошибок), образующих сценарии аварий (рисунок 2).

На третьем этапе были построены «деревья событий». Оценка частоты аварий различного масштаба может быть сделана из опыта эксплуатации СТС. Для этого были использованы статистические данные ближайших аналогов исследуемых установок.

В основу определения ущерба от аварии на установках ЭЛОУ-АВТ, Л-35-11 и АГФУ-1 был положен метод расчета максимально оцененных потерь (Estimated Maximum Loss). Этот подход основан на анализе возможных сценариев развития аварийной ситуации и выборе из них наиболее опасного.

Прямые потери, $П_{ц.п.}$, от аварии определяют по формуле

$$П_{ц.п.} = П_{о.ф.} + П_{т.м.ц.}, \quad (2)$$

где $П_{о.ф.}$ и $П_{т.м.ц.}$, руб., – потери организации в результате уничтожения (повреждения) соответственно основных фондов (производственных и непроизводственных) и товарно-материальных ценностей.

$$П_{о.ф.} = \sum_{i=1}^N [S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})], \quad (3)$$

где S_{oi} – остаточная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов.

Для расчета прогнозируемых потерь в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей, $П_{т.м.ц.}$, исходили из объема обращения на исследуемых установках продукции и сырья, попадающих в зону поражения, и средних цен на данные виды продукции и сырья.

На основе результатов расчета материального риска наиболее опасным оборудованием является:

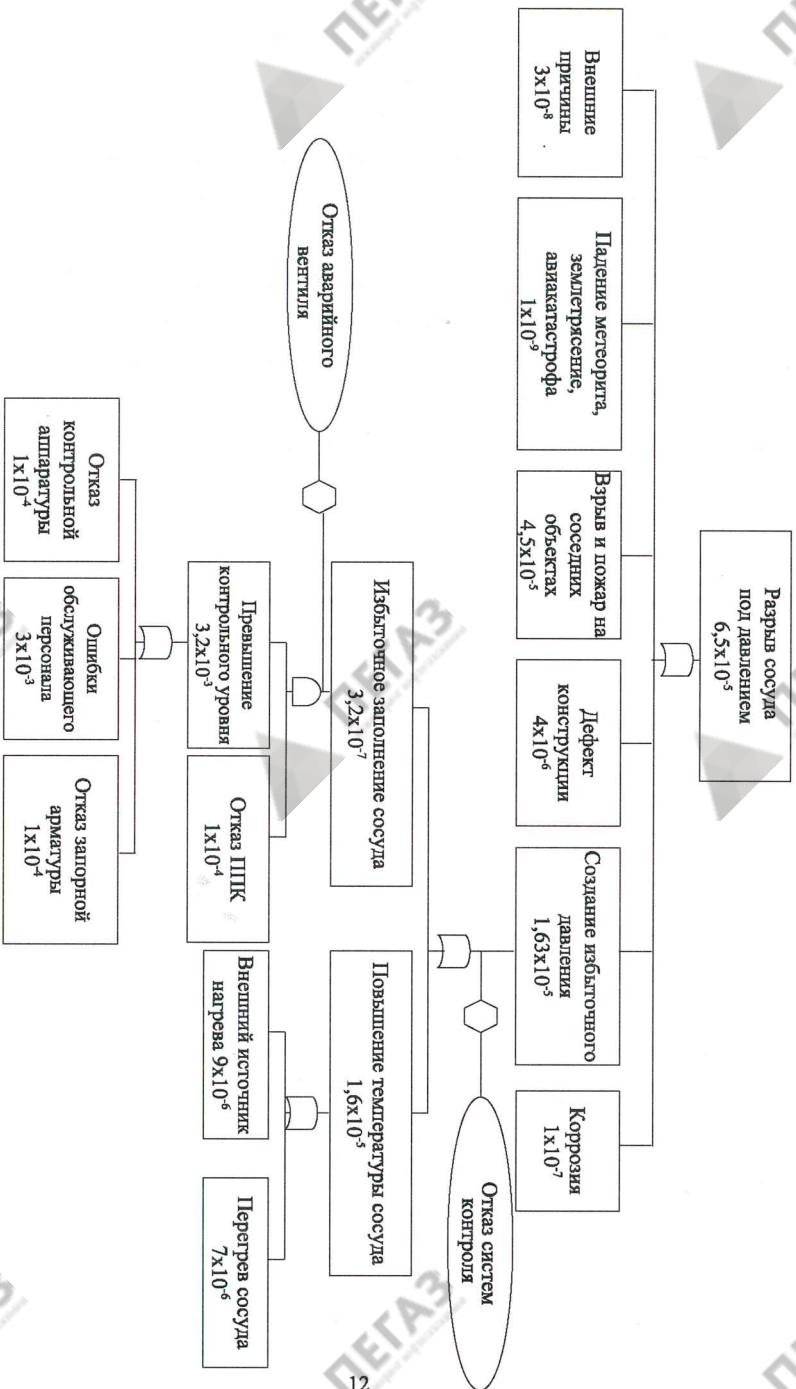


Рисунок 2 - «Дерево отказов» при реализации разгерметизации сосуда под давлением

- при реализации взрыва на установке ЭЛОУ-АВТ– печи П-1 и П-2 (R=3339 руб./год), на установке Л-35-11 – печь П-1 (R=179 руб./год), на АГФУ-1 – печь П-2 (R=427 руб./год);

- при реализации «огненного шара» на установке ЭЛОУ-АВТ– печи П-1, П-2 (R=50 руб./год), на установке Л-35-11 – печь П-1 (R=601 руб./год), на АГФУ-1 – печь П-2 (R=1434 руб./год);

- при реализации пожара пролива на установке ЭЛОУ-АВТ– емкость Е-1 (R=31 руб./год), на установке Л-35-11 – теплообменник Т-6/1 (R=0,23 руб./год), на АГФУ-1 – теплообменник Т-10 (R=278 руб./год).

В четвертой главе проведена апробация и верификация метода расчета показателя абсолютной опасности эксплуатации оборудования.

Применение при количественном анализе риска метода анализа статистических данных для определения частоты аварий дает адекватные результаты только в том случае, если объем исходной информации по авариям достаточно полон и эта информация получена на базе представительной выборки. Когда речь идет не об относительных частотах при длительных испытаниях, а о «редких событиях», когда объем информации об авариях на рассматриваемом объекте объективно ограничен, то становится невозможным формальное применение методов математической статистики. Часто статистических данных по авариям на конкретном производстве недостаточно или они отсутствуют. Кроме того, риск носит характер обобщения, особенности оборудования не учитываются.

Для комплексной оценки опасности эксплуатации технологического оборудования предлагается использовать показатель абсолютной опасности.

Абсолютная опасность оборудования, D , определяется по формуле

$$D = ИИП \cdot Y, \quad (4)$$

где Y – потенциальный материальный ущерб при реализации аварии, отнесенный к стоимости основных фондов и товарно-материальных ценностей рассматриваемой установки.

Для верификации метода оценки опасности эксплуатации оборудования на основе критерия абсолютной опасности проведен корреляционный анализ зависимости показателей риска, рассчитываемого с использованием

статистического анализа, и интегральных параметров опасности. Проведено исследование связи ИИП с частотой возникновения аварии, а также ОИП с материальным ущербом.

Для оборудования установки ЭЛОУ-АВТ получена отрицательная корреляция между ИИП и частотой возникновения аварии, т.е. при увеличении значения ИИП уменьшается частота возникновения аварии. В случае реализации взрыва и «огненного шара» при увеличении ОИП увеличивается величина материального ущерба, зависимость умеренная и статистически значимая, коэффициент корреляции близок к 1 (таблица 1).

Таблица 1 - Корреляционный анализ показателей ИИП и частоты возникновения аварии, ОИП и материального ущерба оборудования ЭЛОУ-АВТ

Зависимость	Коэффициент корреляции		
	Взрыв	«Огненный шар»	Пожар пролива
ИИП от частоты возникновения аварии	-0,2144	-0,1761	-0,0530
ОИП от материального ущерба	0,7181	0,6289	-0,1012

Однако гипотеза о наличии связи между рассматриваемыми параметрами для оборудования установки Л-35-11 и АГФУ-1 не подтвердилась. Для наглядности был проведен графический анализ данных и построены соответствующие линии тренда (рисунок 3).

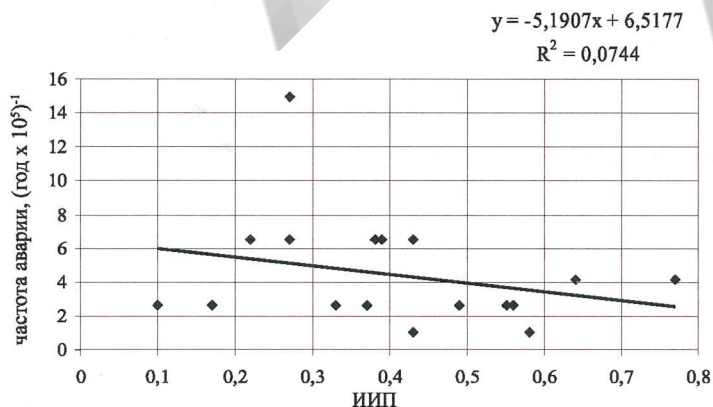


Рисунок 3 - Распределение ИИП оборудования АГФУ-1 и частоты возникновения взрыва

Сделан вывод о том, что данные по авариям на различных установках являются в неравной степени неполными, что не позволяет адекватно оценивать индивидуальную опасность конкретной единицы оборудования.

Для апробации предлагаемого метода на исследуемых объектах была проведена комплексная оценка опасности на основе показателя абсолютной опасности эксплуатации оборудования с учетом возможности возникновения и развития различных сценариев аварий. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатель абсолютной опасности эксплуатации оборудования установки Л-35-11

Аппарат установки	Показатель абсолютной опасности
Р-4 (реактор риформинга)	3,887
Р-2 (реактор риформинга)	3,464
Р-3 (реактор риформинга)	3,433
П-1 (печь вертикальная многокамерная)	2,524
Т-6/1 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,799
Р-5 (реактор дегидрирования – изомеризации)	1,743
Т-6/2 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,476
Х-6 (холодильник продуктов реакции риформинга)	1,462
Т-6/4 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,268
Т-6а/4 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,159
Т-6а/3 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,152
Т-6а/2 (сырьевой теплообменник риформинга)	1,007
Т-6/3 (сырьевой теплообменник риформинга)	0,985
Т-6а/1 (сырьевой теплообменник риформинга)	0,862
С-7 (сепаратор продуктов реакции риформинга)	0,855
С-10 (сепаратор на выкиде)	0,825
Х-6а (холодильник продуктов реакции риформинга)	0,556
С-9 (сепаратор на приеме)	0,552
ВХ-106 (аппарат воздушного охлаждения газопродуктовой смеси блока риформинга)	0,218
С-8 (сепаратор низкого давления риформинга)	0,216
ВХ-106а (аппарат воздушного охлаждения газопродуктовой смеси блока риформинга)	0,184
Х-7 (байпасный холодильник циркулирующего ВСГ)	0,015

Из таблицы 2 видно, что реакторы Р-4, 2, 3 и печь П-1 имеют величину критерия абсолютной опасности больше двух единиц, следовательно, являются наиболее опасными как с точки зрения поражающего воздействия всех рассматриваемых сценариев аварий, так и тяжести последствий.

Вероятностная составляющая материального риска (частота реализации аварийной ситуации), определяемая на основе статистических данных для однотипного оборудования, в котором обращаются вещества со сходными пожаровзрывоопасными свойствами, является одинаковой величиной. В данном случае разница в значении материального риска эксплуатации подобных единиц оборудования определяется различной величиной потенциального ущерба.

Критерий абсолютной опасности эксплуатации оборудования, оцениваемый с учетом возможности реализации аварийной ситуации на конкретном аппарате и тяжести следующих за ней последствий, позволяет ранжировать оборудование по степени опасности, что может быть использовано для разработки и принятия управленческих решений, направленных на повышение безопасности промышленных установок как на стадии проектирования, так и при эксплуатации.

На рисунках 4-6 представлены результаты расчета критерия абсолютной опасности для теплообменного оборудования установок ЭЛОУ-АВТ, Л-35-11, АГФУ-1.

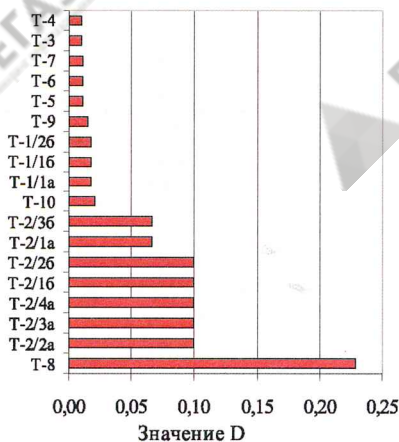


Рисунок 4 - Значение критерия абсолютной опасности эксплуатации теплообменного оборудования на установке ЭЛОУ-АВТ

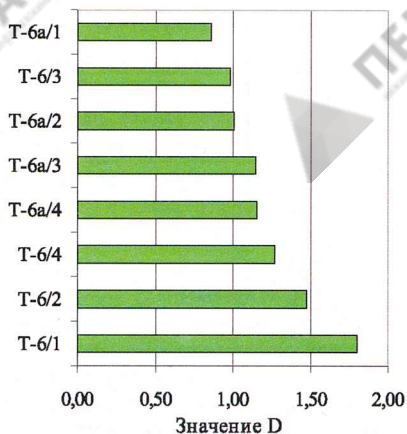


Рисунок 5 – Значение критерия абсолютной опасности эксплуатации теплообменного оборудования на установке Л-35-11

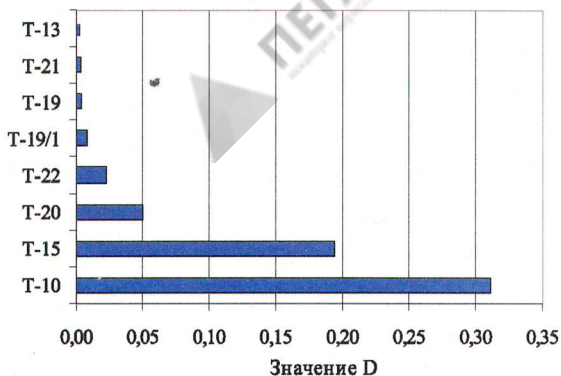


Рисунок 6 - Значение критерия абсолютной опасности эксплуатации теплообменного оборудования на АГФУ-1

Сделан вывод о том, что оборудование одного и того же типа может обладать различной степенью опасности. Так, на установке Л-35-11 величина абсолютной опасности эксплуатации теплообменников изменяется в пределах от 0 до 1,80, а на установках ЭЛОУ-АВТ и АГФУ-1 – от 0 до 0,31.

Подобный диапазон изменения величины абсолютной опасности является обоснованным и определяется различием физико-химических свойств веществ, участвующих в технологических процессах, их количества, технологических параметров процессов, характеристик оборудования и его взаиморасположением на промышленной установке.

Таким образом, использование предлагаемого критерия дает объективную комплексную оценку индивидуальной опасности эксплуатации технологического оборудования, что позволяет совершенствовать систему управления промышленной безопасностью путем оптимизации затрат на оценку его текущего состояния, в том числе на проведение неразрушающего контроля.

Реализация подхода, в основу которого положен анализ возможных сценариев развития аварийной ситуации и путей негативного воздействия на реципиентов риска (персонал, здания, оборудование, товарные и сырьевые запасы) и выбор наиболее опасного из них, предполагает формирование предсказательной базы возникновения ущерба.

Так, применительно к АГФУ-1, в качестве наиболее неблагоприятного сценария аварийной ситуации рассматривалось падение колонны К-6 при воздействии на нее ударной волны (рисунок 7).

Оценка ущерба проводилась по прямым потерям в ряде возможных направлений падения колонны. При этом вся площадь падения была разделена на зоны длиной, равной диаметру колонны с учетом ее обвязки.

Следует отметить, что вероятность реализации падения колонного аппарата крайне мала. Однако наиболее тяжелыми авариями на нефтегазовых производствах являются взрывы, которые представляют наибольшую опасность с точки зрения возникновения цепного механизма, т.е. эффекта «домино». В случае аппаратов колонного типа это осложняется еще и тем, что в них находятся большие массы взрывопожароопасных веществ. Таким образом, падение колонны от действия взрывной волны приводит к тяжелым последствиям.

В таблице 3 приведены результаты расчета показателя абсолютной опасности при падении колонны К-6. По его величине можно судить о том, что наиболее опасным направлением развития аварии является падение колонны К-6 в зоне XXV, при этом емкость Е-8 и колонна К-7 получают повреждения.

Таблица 3 - Значение показателя абсолютной опасности эксплуатации колонны К-6 на АГФУ-1

№ зоны	Индекс аппаратов в зоне падения К-6	Сумма ИИП аппаратов в зоне падения К-6	Относительный ущерб	Величина абсолютной опасности
1	2	3	4	5
I	T-22	1,07	0,3667	0,392
II	T-22	1,07	0,3667	0,392
III	T-22	1,07	0,3667	0,392
IV	T-22	1,07	0,3667	0,392
V	T-20	1,07	0,3662	0,392
VI	T-20	1,07	0,3662	0,392
VII	T-13, T-10	1,23	0,4085	0,502
VIII	T-13, T-10	1,23	0,4085	0,502
IX	T-15, T-10	1,69	0,4127	0,697
X	T-15, T-10	1,69	0,4127	0,697
XI	E-10, T-15, T-19/1	1,73	0,4520	0,782
XII	E-10, T-15, T-19/1, T-19	2,06	0,4915	1,012
XIII	T-19	0,91	0,3940	0,359
XIV	T-19, E-4	1,29	0,4098	0,529
XV	E-4	0,96	0,3703	0,355
XVI	-	0,58	0,0815	0,047

Продолжение таблицы 3

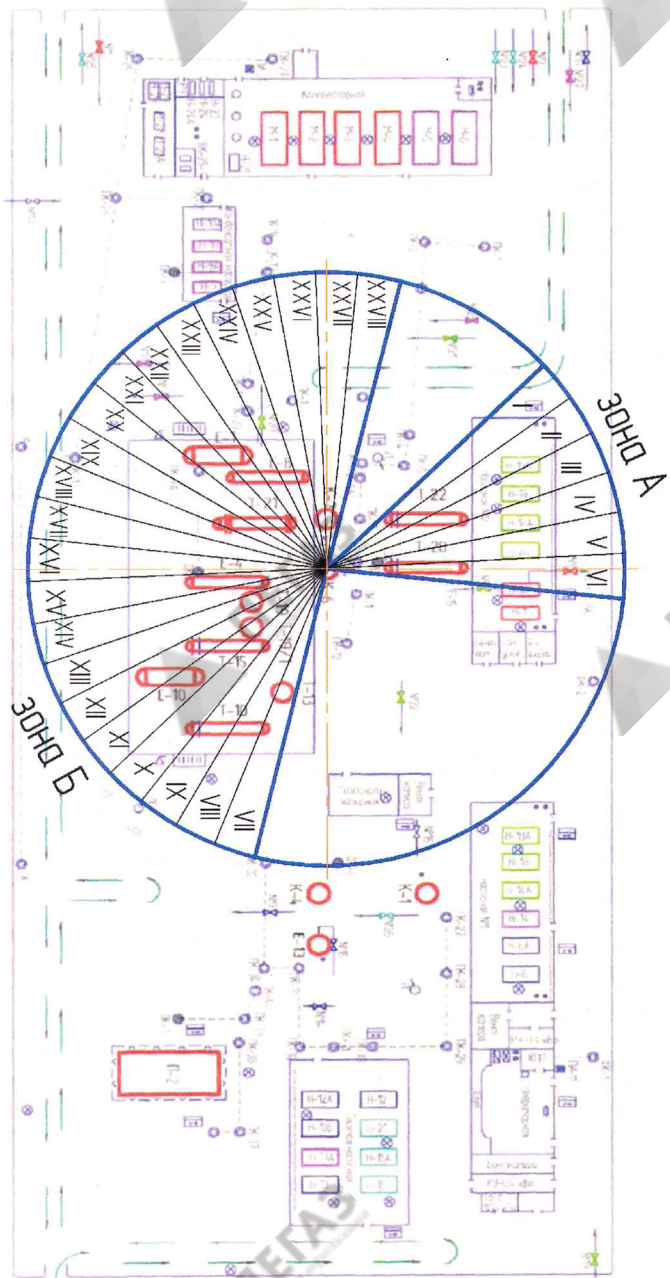
1	2	3	4	5
XVII	-	0,58	0,0815	0,047
XVIII	T-21	0,75	0,3981	0,299
XIX	T-21	0,75	0,3981	0,299
XX	T-21, E-1	1,14	0,4099	0,467
XXI	T-21, E-1, E-8	1,57	0,4228	0,664
XXII	T-21, E-1, E-8	1,57	0,4228	0,664
XXIII	E-1, E-8	1,4	0,3791	0,531
XXIV	E-8	1,01	0,3674	0,371
XXV	E-8, K-7	1,65	0,7141	1,178
XXVI	K-7	1,22	0,7012	0,855
XXVII	K-7	1,22	0,7012	0,855
XXVIII	K-7	1,22	0,7012	0,855

На основе полученных результатов с целью минимизации материального ущерба при реализации рассматриваемой аварии можно разрабатывать конструктивные решения для недопущения падения колонны К-6 в зону наибольшей опасности.

Сделан вывод о том, что использование критерия абсолютной опасности, позволяя детализировать количественный анализ опасности эксплуатации технологического оборудования при оценке последствий различного развития аварий.

При дифференцированном подходе к оценке прогнозируемого ущерба возможно рассчитывать величину абсолютной опасности в случае гибели или поражения человека, связанных с воздействием ударной волны взрыва, теплового излучения при пожаре и возникновением аварийного выброса опасного вещества. Результаты, полученные при реализации такого подхода, могут быть использованы для обоснования проектных решений, направленных на повышение уровня безопасности эксплуатации ОПО.

Для нормирования критерия абсолютной опасности на основе принятой к рассмотрению меры за границы опасности принимается его максимальное значение. Представленная на рисунке 8 графическая интерпретация распределения величины абсолютной опасности эксплуатации оборудования позволяет проводить качественное ранжирование возможных сценариев развития аварий.



Рисунк 7 - Картограма реалізації падення колонни К-6 на АГФУ-1

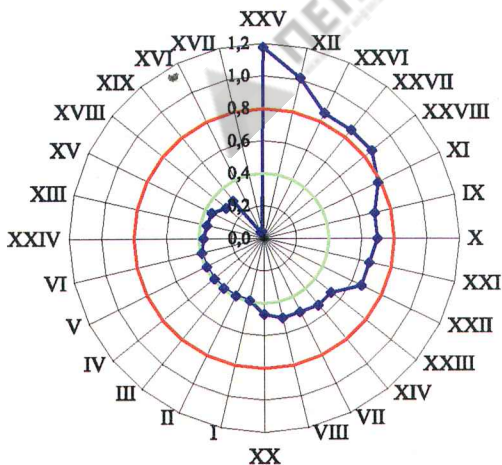


Рисунок 8 - Распределение величины абсолютной опасности по зонам падения колонны К-6 на АГФУ-1

Так, зоны XXV, XII, XXVI, XXVII, XXVIII падения колонны К-6 характеризуются областью высокой опасности (величина D составляет $0,8 \div 1,2$), область средней опасности соответствует величине $D = 0,4 \div 0,8$, область низкой опасности $0 \div 0,4$.

Данный вывод имеет важное прикладное значение – внедрение метода оценки потенциальной опасности эксплуатации промышленных объектов на основе критерия абсолютной опасности позволит оптимизировать комплекс мероприятий, направленных на обеспечение их безопасности на любом этапе жизненного цикла ОПО.

Общие результаты и выводы

1 Предложен показатель абсолютной опасности, представляющий собой ожидание материального ущерба на протяжении периода эксплуатации оборудования с учетом его месторасположения на промышленной установке. На основе оценки индивидуального интегрального параметра и относительного потенциального ущерба разработан метод его расчета. Использование показателя абсолютной опасности в качестве критерия для ранжирования аппаратов позволяет совершенствовать систему управления промышленной

безопасностью путем обоснованного перераспределения затрат на диагностические мероприятия при оценке технического состояния оборудования.

2 Показано, что математическая модель риска, построенная на основе статистических данных, дает обобщенную оценку опасности конкретной единицы технологического оборудования. Для расширения возможностей оценивания опасности различных объектов используются одни и те же методологии и предположения, поэтому результирующие оценки риска подвержены неопределенностям, которые являются источниками его неадекватности.

3 Реализован метод расчета показателя абсолютной опасности эксплуатации оборудования на установках ЭЛОУ-АВТ, Л-35-11 и АГФУ-1 с учетом возникновения различных аварий. Обнаружено, что однотипное оборудование может обладать различной степенью опасности. Так, показатель абсолютной опасности эксплуатации теплообменного оборудования на установке Л-35-11 изменяется в пределах от 0 до 1,80, а на ЭЛОУ-АВТ и АГФУ-1 – от 0 до 0,31. Полученные результаты позволили разработать оптимальные рекомендации по оценке текущего состояния технологического оборудования.

4 Показано, что на основе критерия абсолютной опасности можно проводить детальную оценку опасности. На примере падения колонны К-6 на АГФУ-1 построена картограмма и выделены зоны наибольшей опасности, что позволяет на стадии проектирования разрабатывать конструктивные и организационные решения, направленные на предотвращение развития возможных аварий в наиболее неблагоприятных направлениях.

5 С использованием корреляционного анализа обосновано применение метода оценки опасности эксплуатации оборудования по показателю абсолютной опасности. Для оборудования установки ЭЛОУ-АВТ установлено наличие умеренной связи между обобщенным интегральным параметром и материальным ущербом.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих изданиях:

1 Абдрахимов Ю.Р. Комплексное решение задач эффективного управления экологической и промышленной безопасностью в г. Стерлитамак, Башкортостан / Абдрахимов Ю.Р., Мотин В.В., Буркина Е.Н. // Уралэкология: природные ресурсы – 2005: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Уфа, 2005. – С. 13-15.

2 Кузеев И.Р. Разработка системы управления безопасностью сложных технических систем на стадии эксплуатации / Кузеев И.Р., Буркина Е.Н. // Нефтегазопереработка и нефтехимия – 2007: материалы конф. – Изд-во ИНХП, г. Уфа, 2007. – С. 406-407.

3 Кузеев И.Р. Роль и проблемы страхования промышленных рисков / Кузеев И.Р., Буркина Е.Н. // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. - №21, С. 105-107.

4 Буркина Е.Н. Анализ основных факторов для построения вероятностной модели безопасности технологического процесса на основе экологических рисков / Буркина Е.Н., Мотин В.В. // Обеспечение промышленной безопасности на предприятиях нефтяной и газовой отрасли: материалы науч.-практ. конф. – Уфа: Изд-во УНГТУ, 2007. – С. 58-63.

5 Кузеев И.Р. Повышение безопасности абсорбционной газодиффузионной установки / Кузеев И.Р., Давыдова Е.В., Буркина Е.Н. // Остаточный ресурс нефтезаводского оборудования: сб. науч. тр. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. - № 2. - С. 111-121.

6 Чиркова А.Г. Анализ показателей опасности производственных объектов / Чиркова А.Г., Буркина Е.Н. // Остаточный ресурс нефтезаводского оборудования: сб. науч. тр. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. - № 2. - С. 94-100.

7 Буркина Е.Н. Оценка поражающих факторов аварий на промышленных установках / Буркина Е.Н., Давыдова Е.В., Кузеев И.Р.; редкол.: Н.Х. Абдрахманов и др. // Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. - С. 329-336.

8 Буркина Е.Н. Управление безопасностью сложных технических систем / Буркина Е.Н.; редкол.: Н.Х. Абдрахманов и др. // Обеспечение промышленной безопасности на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: сб. науч. тр. Всерос. конкурса инновационных проектов студентов, аспирантов и молодых ученых вузов РФ. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. - С. 60-66.

9 Буркина Е.Н. Оценка потенциальной опасности технологического оборудования на основе интегрального параметра // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. - №23. - С. 21-35.

10 Кузеев И.Р. Комплексная оценка опасности технологического оборудования / Кузеев И.Р., Буркина Е.Н. // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. - №24, С. 145-153.

11 Буркина Е.Н. Алгоритм определения индивидуальной опасности на основе интегрального параметра // Техническое регулирование, стандарты и своды правил. Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг: материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Сочи, 2008.

12 Кузеев И.Р. Создание метода управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли / Кузеев И.Р., Чиркова, А.Г., Тляшева Р.Р., Буркина Е.Н. // Безопасность жизнедеятельности: науч.-практ. журнал. – М.: Изд-во «Новые технологии», 2009.- №4. - С. 10-14.

13 Буркина Е.Н. Методология управления промышленной безопасностью установок нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Буркина Е.Н.; редкол.: Н.Х. Абдрахманов и др. // Обеспечение промышленной безопасности на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: сб. науч. тр. Всерос. конкурса инновационных проектов студентов, аспирантов и молодых ученых вузов РФ. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2009. – С. 190-200.

14 Буркина Е.Н. Совершенствование метода расчета параметров опасности нефтехимического оборудования // Нефтегазовое дело: науч.-техн. журнал. - 2009. – Т.7, №1. - С. 121-124.

Подписано в печать 09.10.2009. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/6.

Гарнитура «Таймс». Печать цифровая. Усл. печ. л. 1.

Тираж 100. Заказ 460.

Типография ООО «СМУК-ПРЕСС»

Адрес типографии: 450096, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Комсомольская, 122 б