

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра аналитической химии и химической экологии

**РАСЧЁТ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ПРИ АВАРИИ
НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВАРСКОЙ РАБОТЫ

студента IV курса 441 группы
направления 20.03.01 Техносферная безопасность

Института химии

Рыбалко Антона Олеговича

Научный руководитель
профессор, д.х.н., профессор _____ Е. Г. Сумина
подпись, дата

Зав. кафедрой
д.х.н., доцент _____ Т. Ю. Русанова
подпись, дата

Саратов 2017

Введение

Колонна стабилизации дизельного топлива, является частью установки Л-24-6 гидроочистки дизельных фракций. Установка Л-24-6 является опасным производством, поскольку на ней в больших количествах используются горючие и взрывоопасные материалы. Следовательно, при чрезвычайных ситуациях (ЧС) возможны серьёзные последствия, экологический и экономический ущерб, а главное, гибель людей. Чтобы определить последствия некоторых ЧС, необходимо знать факторы воздействия горючих и взрывоопасных материалов, которые могут образоваться при ЧС, на данной установке.

На любом предприятии имеется так называемая «оперативная часть», в которую входят ситуационные планы различных ЧС, а также их факторы воздействия на оборудование, персонал, и материальный ущерб который может быть нанесён. Поэтому целью данной работы является полный расчёт материального ущерба от аварии на одной из секций установки.

Для достижения данной цели были определены следующие задачи:

- сбор необходимых данных и их критическая оценка для проведения расчётов;
- расчёт прямых потерь от аварии;
- расчёт затрат на локализацию, ликвидацию и расследование аварии;
- расчёт социально – экономических потерь от аварии;
- расчёт косвенного ущерба от аварии;
- расчёт экологического ущерба от аварии.
- расчёт потерь от выбытия трудовых ресурсов

1. Литературный обзор

1.1 Общая характеристика установки

Установка Л-24-6 предназначена для гидроочистки прямогонных средних дистиллятов, поступающих с установки ЭЛОУ-АВТ-6. Гидроочистка сырья заключается в гидрировании в среде

водородсодержащего газа органических соединений серы, азота и кислорода, содержащихся в сырье. Кроме этого, происходит гидрирование непредельных углеводородов. В результате этих реакций снижается содержание серы, улучшается цвет, повышаются стабильность и цетановое число, которое характеризует воспламеняемость дизельного топлива и определяет период задержки горения рабочей смеси, которое незначительно снижает температуру застывания и вязкость гидроочищенного дизельного топлива [1].

Проект типовой установки Л-24-6 разработан институтом «Ленгипрогаз» в 1960 году. Проект привязки установки Л-24-6 к Саратовскому нефтеперерабатывающему заводу (НПЗ) выполнен институтом Гипрогрознефть [2]. Ввод в эксплуатацию осуществлен в 1970 году. В 2011-2012 годах осуществлена реконструкция установки с увеличением мощности до 2,2 млн т/год и получением дизельного топлива с серой менее 10 ppm. Генеральный проектировщик проекта ЗАО «Нефтехимпроект», г. Санкт-Петербург [3].

Согласно известным литературным данным, установка Л-24-6 состоит из двух параллельно работающих потоков, что дает возможность одновременного использования разного сырья и производства разной продукции.

Каждый из потоков включает в себя:

1. Реакторный блок, который предназначен для гидрирования серо-, кислород-, азот-, содержащих и непредельных соединений с получением нестабильного гидрогенизата. Процесс проходит на катализаторе, в среде водорода, при повышенных температурах и давлениях.
2. Блок стабилизации предназначен для выделения из нестабильного гидрогенизата сероводорода, воды, аммиака, углеводородного газа и бензина с получением стабильного нефтепродукта.
3. Блок очистки газов, который предназначен для удаления сероводорода

из углеводородных газов, водородосодержащий газ (ВСГ), бензиноотгона. Узел очистки циркулирующего ВСГ предусмотрен на каждом потоке. Узел очистки углеводородных газов и бензиноотгона, является общим для обоих потоков действующей установки. Насыщенный раствор моноэтаноламина (МЭА) направляется на централизованную установку регенерации [4].

На установке гидроочистки Л-24-6 могут перерабатываться следующие виды дистиллятов:

- прямогонная дизельная фракция, выкипающая в пределах 180-360 °С (на одном или обоих блоках установки) с получением дизельных топлив летних и зимних марок;

В качестве компонента сырья на установке Л-24-6 используется стабильный бензин висбрекинга, выкипающий в пределах 35-195 °С [5].

1.2 Технологическая схема блока стабилизации дизельных фракций.

Характеристика основного оборудования

Нестабильный гидрогенизат (НГ) из С-2 поступает в сепаратор низкого давления С-3, где из него при дросселировании частично выделяются растворенный водород, легкие углеводороды и сероводород. Давление в С-3 измеряется, регистрируется и регулируется прибором позиция PIRC 728, клапан которого установлен на трубопроводе вывода углеводородного газа

(УГ) из С-3 в абсорбер углеводородного газа К-7. Уровень нестабильного гидрогенизата (НГ) в С-3 измеряется, регистрируется и регулируется прибором позиция LIRCANL 741, клапан которого установлен на трубопроводе вывода НГ из С-3 через теплообменники Т-16, 15, 14, 13 в колонну К-3. При достижении максимального или минимального уровня в С-3 срабатывает предупредительная световая и звуковая сигнализация [6].

НГ из С-3 поступает в межтрубное пространство Т-16, 15, 14, 13, где нагревается, охлаждая стабильный гидрогенизат (СГ), выводимый из куба колонны К-3. Температура НГ после Т-13 измеряется и регистрируется

прибором позиция TIR 701. Схема предусматривает возможность подключения как всех теплообменников Т-16, 15, 14, 13, так и только двух (либо Т-16, 15, либо Т-14, 13).

Загрузка К-3 осуществляется на 21 тарелку.

Отпарная колонна К-3 предназначена для получения стабильного гидрогенизата.

Для подвода тепла в К-3 насосами Н - 8, 9 осуществляется циркуляция «горячей струи» (ГС) из куба К-3 через змеевик печи П-4 под первую тарелку К-3. Измерение, регистрация и регулирование расхода ГС в П-4 осуществляется прибором позиция FIRCSAL 752, клапан которого установлен на трубопроводе нагнетания насосов Н-8, 9 в П-4.

При расходе нефтепродукта через змеевик печи П-4 менее $40 \text{ м}^3/\text{ч}$ на центральный пункт управления (ЦПУ) срабатывает предупредительная звуковая и световая сигнализация. При снижении расхода до $20 \text{ м}^3/\text{час}$ срабатывает блокировка, при этом:

- закрывается электронная задвижка (поз. 5-2) на подаче топливного газа от коллектора установки к форсункам П-4;
- закрываются электронная задвижки (поз. 8-2, 9-2) по жидкому топливу;
- закрывается электронная задвижка (поз.11-4) на подаче углеводородного газа к форсункам печи П-4;

При срабатывании блокировок оператор обязан:

- перекрыть задвижки на топливном газе и жидком топливе к каждой форсунке печи П-4;
- убедиться в том, что горение в печи прекратилось.

В аварийных случаях возможно дистанционное закрытие электрической задвижки (поз. 5-2) блокировкой HS 653 (ключ на ЦПУ) [7].

Температура ГС на входе в П-4 измеряется и регистрируется прибором позиции TIR 707. Температура ГС на выходе из П-4 измеряется, регистрируется и регулируется прибором позиция TIRC 708, клапан

которого установлен на трубопроводе топливного газа от коллектора установки к горелкам П-4.

П-4 - печь шатрового типа с одной радиантной и одной конвенционной камерой. Поступающая в печь ГС проходит конвекционную камеру, где обогревается дымовыми газами, и радиантную камеру, где подогревается, поглощая лучистую энергию пламени горелок (6 горелок).

Температура дымовых газов в борове печи П-4 измеряется и регистрируется прибором, позиция TIR 616, разряжение – прибором, позиция PIR 624. Содержание кислорода и оксида углерода (II) в дымовых газах контролируется датчиками концентрации.

В процессе эксплуатации П-4 необходимо, чтобы значение любой из температур дымовых газов на перевале печи, измеряемых и регистрируемых приборами позиция TIR 613, позиция TIR 614, позиция TIR 615 не превышало 800°C , в противном случае необходимо снизить загрузку по сырью (теплоноситель.) в печь и уменьшить шуровку соответствующих форсунок.

В качестве топлива в П-4, кроме топливного газа из коллектора установки используется еще углеводородный газ, который поступает к горелкам печи из С-16, и жидкое топливо (мазут).

В колонне К-3 осуществляется отгонка бензина, сероводорода, воды, легких углеводородов из нефтепродукта. Для лучшей отпарки сероводорода в куб колонны возможна подача пара. Измерение и регистрация расхода пара в К-3 осуществляется прибором, позиция FIR 757.

Температура в кубе колонны измеряется и регистрируется прибором, позиция TIR 712, температура верха колонны измеряется, регистрируется и регулируется прибором, позиция TIRC 706, клапан которого установлен на трубопроводе подачи орошения (бензин-отгона) насосами Н-10, 11, 12 на верхнюю тарелку К-3. Расход орошения К-3 измеряется и регистрируется прибором, позиция FIR 762.

Уровень в кубе К-3 измеряется, регистрируется и регулируется

прибором, позиция LIRCANL 746, клапан которого установлен на трубопроводе вывода балансового избытка СГ после Т-16 в Х-15, Х-15а. При достижении максимального или минимального уровня в колонне К-3, срабатывает звуковая и световая сигнализация.

Давление в кубе К-3 измеряется и регистрируется прибором, позиция PIR 725.

Пары бензина, сероводорода и воды с верха К-3 поступают в водяной холодильник-конденсатор ХК-2, откуда газожидкостная смесь выводится в сепаратор С-10. Температура газожидкостной смеси после ХК-2 измеряется и регистрируется прибором, позиция TIR 715.

В С-10 углеводородный и сероводородный газы отделяются от жидкости и с давлением, измеряемым и регистрируемым прибором, позиция PIRAN 723, поступают в каплеотбойник Е-23, откуда направляются на очистку от сероводорода в колонну К-8, а жидкость расслаивается на две фазы - нижнюю (водную) и верхнюю (бензин-отгон). При достижении максимального давления в сепараторе С-10, срабатывает звуковая и световая сигнализация.

Измерение, регистрация и регулирование уровня водной фазы осуществляется прибором, позиция LIRCANL 744, клапан которого расположен на трубопроводе вывода воды с С-10 в промканализацию.

При достижении максимального или минимального уровня водной фазы срабатывает звуковая и световая сигнализация.

Бензин-отгон с С-10 поступает на прием насосов Н-10, 11, 12. Измерение, регистрация и регулирование уровня бензина-отгона осуществляется в сепараторе С-10 прибором, позиция LIRCANL 745, клапан которого установлен на трубопроводе сброса избытка бензина-отгона на установку ЭЛОУ-АВТ-6 или в резервуарный парк цеха № 1. Измерение и регистрация расхода бензина-отгона выводимого со второго блока стабилизации в цех № 1 осуществляется прибором, позиция FQIR 456.1.2. При достижении максимального или минимального уровня бензина-отгона в

сепараторе срабатывает звуковая и световая сигнализация.

При работе двух блоков стабилизации один из насосов (Н-10, 11, 12) работает на первый блок, другой - на второй блок, а один является резервным. Разделение коллекторов приема и нагнетания насосов Н-10, 11, 12 осуществляется задвижками. Для стабилизации работы насосов Н-10, 11, 12 на низкой производительности (в период пуска и остановки установки) предусмотрена переключательная запорная арматура между приемным и выкидным коллекторами насосов.

Балансовый избыток стабильного гидрогенизата из куба К-3 насосам Н-8, 9 подается в трубное пространство теплообменников Т-13, 14, 15, 16, где отдает свое тепло нестабильному гидрогенизату, поступающему на загрузку К-3, после чего частично охлажденный нефтепродукт поступает на окончательное захлаживание в водяные холодильники Х-15, Х-15а.

Технологической схемой предусмотрена возможность использования как двух холодильников, так и какого-либо одного.

Температура стабильного гидрогенизата (СГ) после Х-15, Х-15а измеряется и регистрируется прибором, позиция TIR 711, расход измеряется и регистрируется прибором, позиция FQIR 758. После холодильников Х-15, Х-15а стабильный гидрогенизат выводится с установки в резервуары цеха № 7.

1.3 Общие правила безопасности при работе на установке Л-24-6

К работе на установке могут быть допущены лица, достигшие 18-ти летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование и все виды инструктажей по безопасности труда, обученные безопасным приемам и методам работы непосредственно на рабочем месте и имеющие допуск к самостоятельной работе [8].

Пребывание лиц, не имеющих непосредственного отношения к обслуживанию производств, запрещается.

Согласно приказа Министерства здравоохранения и социального

развития РФ от 12 апреля 2011 года, все работающие на производстве сотрудники проходят периодические (1 раз в год) медицинские осмотры с целью контроля за состоянием здоровья. При уклонении работника от прохождения медицинских осмотров к дальнейшему выполнению трудовых обязанностей он не допускается.

В качестве сырья на установке используется прямогонная дизельная фракция. Готовым продуктом установки гидроочистки является очищенное от сернистых соединений дизельное топливо. Дизельное топливо является пожаровзрывоопасным продуктом и обладает токсичными свойствами. ПДК паров дизельного топлива в воздухе производственных помещений составляют 300 мг/м^3 [9].

Температура вспышки дизельного топлива - от 38 0С до 110 0С. При содержании паров дизельного топлива в воздухе производственных помещений выше предельно допустимых концентраций (ПДК) возможно отравление работающих.

Пары дизельного топлива на организм человека действуют как наркотик, поражают центральную нервную систему, вызывают острые и хронические отравления [10].

Кроме дизельного топлива на установке вырабатывается углеводородный газ и сероводород. Углеводородный газ используется на установке в качестве топлива. Является взрывоопасным и пожароопасным продуктом.

Действие углеводородного газа на организм человека аналогично действию паров дизельного топлива. ПДК углеводородного газа 300 мг/м^3 .

Сероводород, получаемый на установке, не имеет цвета, ядовитый, горючий газ, тяжелее воздуха, концентрации 98%. При содержании в воздухе в малых концентрациях имеет запах тухлых яиц. При больших концентрациях запах его не ощутим, так как обоняние мгновенно притупляется. ПДК в воздухе рабочих помещений - 10 мг/м^3 [10].

Токсичное действие сероводорода в смеси с легкими углеводородами

усиливается, и ПДК в смеси с углеводородами составляет 3 мг/м^3 [11]. При тяжелых отравлениях у пострадавшего наблюдается посинение губ, головная боль, рвота, повышение сердцебиения, потеря сознания. Сероводород взрывоопасен.

При концентрации сероводорода в воздухе производственных помещений от 4,3 до 46 объемных % и при наличии источников загорания происходит взрыв.

В качестве побочного продукта на установке получают бензин-отгон. ПДК паров бензина в воздухе производственных помещений 100 мг/м^3 [11]. При содержании паров бензина в воздухе производственных помещений выше ПДК возможно отравление работающих. На организм человека бензин действует как наркотик, поражая центральную нервную систему, вызывая острые и хронические отравления. При попадании на тело бензин вызывает как острое воспаление, так и хронические экземы кожи. Бензиноотгон насыщен сероводородом.

На установке гидроочистки в технологическом процессе используется водородсодержащий газ (ВСГ) с установок риформинга Л-35-11/300 и ЛЧ-35-11/600, с концентрацией водорода не ниже 85 % об.

Взрывоопасная концентрация водорода (ВСГ) в смеси с воздухом составляет от 4,1 % до 75 %. ВСГ также оказывает токсическое действие на организм человека. ПДК ВСГ в воздухе производственных помещений 300 мг/м^3 [12].

В качестве реагента для очистки продуктов от сероводорода (H_2S) используется раствор моноэтаноламина (МЭА). МЭА оказывает токсическое действие на центральную нервную систему. При вдыхании пары МЭА вызывают раздражение верхних дыхательных путей. Раствор МЭА при попадании на кожу может вызывать ожоги различных степеней. При попадании в глаза может привести к тяжелым заболеваниям глаз и потере зрения.

1.4 Описание некоторых чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайные ситуации (ЧС) часто происходят на нефтеперерабатывающих предприятиях [13], поэтому необходимо проводить расчёт возможных ЧС и их последствий для строений и персонала. Рассчитывается радиус поражения, экономическая стоимость ущерба зданиям, установкам и потери сырья, экологический ущерб окружающей среде [14] и т.д. Расчёт проводят исходя из ГОСТа р 12.3.047-2012. [15] Рассмотрим некоторые из них.

1.4.1 Разгерметизация сепаратора С-20

Краткое описание сценария аварии: Разгерметизация сепаратора С-20 → выброс водородсодержащего газа (ВСГ) → образование взрывоопасного облака газовой смеси → наличие источника зажигания → взрыв газовой смеси → разрушение оборудования, зданий, сооружений, травмирование людей. Наименование и количество вещества, участвующего в аварии: 2,11 т водородсодержащего газа (ВСГ). Количество вещества, участвующего в создании поражающих факторов: 2,11 т. ВСГ. Основные поражающие факторы: воздействие избыточного давления ударной волны [16].

Таблица 1. Основные зоны разрушения при взрыве газовой смеси при разгерметизации сепаратора

Зоны разрушений	Радиус зон
Зона максимального избыточного давления $\Delta P_{\text{тах}} = 227$ кПа	47
Граница области полного разрушения зданий и сооружений (70 кПа)	89
Граница области сильных разрушений зданий и сооружений: 50-75% стен разрушено или находится на грани разрушения (35 кПа)	131

Граница области средних повреждений зданий и сооружений (24 кПа)	166
Граница области значительных повреждений: обрушение отдельных элементов зданий, повреждение некоторых конструктивных элементов, несущих нагрузку (14 кПа)	239
Граница области повреждения оконных и дверных проемов, полного разрушения остекления (7 кПа)	423
Граница области минимальных повреждений (3,6 кПа)	907

В зону максимального избыточного давления 47 м. попадает операторная и КИП, следовательно, авария на данном объекте, повлечёт многочисленные жертвы, среди работников предприятия [17]. В границу области средних повреждений зданий и сооружений 166 м. попадает резервуарный парк, по хранению бензина, что приведёт к его разгерметизации, разливу и возгоранию бензина, что следует из сценария ситуационного плана. В резервуарном парке располагаются, как видно из рисунка 1, шесть резервуаров, по 120 тыс. тонн каждый. А в границу области минимальных повреждений 907 м. [18] попадают все блоки установки Л-24-6, а также и другие установки завода, такие как: ЛЧ-35/600, ЭЛОУ-АВТ-6, висбрекинг, заводоуправление и т.д.

2. Расчётная часть

2.1 Порядок определения ущерба.

Структура ущерба от аварии на опасном производственном объекте включает: полные финансовые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, на котором произошла авария; расходы на ликвидацию аварии; социально – экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц); вред, нанесенный окружающей природной среде; косвенный ущерб и потери государства от выбытия трудовых ресурсов.

При оценке ущерба от аварии на опасном производственном объекте за время расследования аварии (10 дней), как правило, подсчитывают те составляющие ущерба, для которых известны исходные данные. Окончательно ущерб от аварии рассчитывается после окончания сроков расследования аварии и получения всех необходимых данных. Составляющие ущерба могут быть рассчитаны независимо друг от друга.

2.1.1. Структура определения ущерба

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в виде формулы:

$$P_a = P_{п.п} + P_{л.а} + P_{сэ} + P_{н.в} + P_{экол} + P_{в.т.р}, \quad (2.1), \text{ где}$$

P_a – полный ущерб от аварии, руб.;

$P_{п.п}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{л.а}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{сэ}$ – социально – экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$P_{н.в}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды)

$P_{в.т.р}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

Прямые потери, $P_{п.п}$, от аварии можно определить по формуле:

$$P_{п.п} = P_{о.ф} + P_{тм.ц} + P_{им}, \quad (2.2), \text{ где}$$

$P_{о.ф}$ – потери предприятия в результате уничтожения (поврежденные) основных фондов, руб.;

$P_{тм.ц}$ – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно – материальных ценностей, руб.;

$P_{им}$ – потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб.

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, $P_{л.а}$, можно определить по формуле:

$$P_{л.а} = P_{л} + P_{р}, \quad (2.3), \text{ где}$$

$P_{л}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$P_{р}$ – расходы на расследование аварии, руб.

Социально – экономические потери, $P_{сэ}$, можно определить по формуле:

$$P_{сэ} = P_{г.п} + P_{г.т.л} + P_{т.п} + P_{т.т.л}, \quad (2.4), \text{ где}$$

$P_{г.п}$ – затраты на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала;

$P_{г.т.л}$ – затраты на компенсации и мероприятия вследствие гибели третьих лиц;

$P_{т.п}$ – затраты на компенсации и мероприятия вследствие травмирования персонала;

$P_{т.т.л}$ – затраты на компенсации и мероприятия вследствие травмирования третьих лиц;

Косвенный ущерб, $P_{н.в}$, вследствие аварии рекомендуется определять по формуле:

$$P_{н.в} = P_{н.п} + P_{з.п} + P_{ш} + P_{н.п.т.л}, \quad (2.5), \text{ где}$$

$P_{н.п}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя;

$P_{з.п}$ – зарплата и условно – постоянные расходы предприятия за время простоя;

$P_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пени;

$P_{н.п.т.л}$ – убытки третьих лиц из – за недополученной ими прибыли.

Экологический ущерб, $P_{\text{экол}}$, рекомендуется определять как сумму ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды и вычисляется по формуле:

$$P_{\text{экол}} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_п + \mathcal{E}_б + \mathcal{E}_о, \quad (2.6), \text{ где}$$

\mathcal{E}_a – ущерб от загрязнения атмосферы, руб;

$\mathcal{E}_в$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб.;

$\mathcal{E}_п$ – ущерб от загрязнения почвы, руб.;

$\mathcal{E}_б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических ресурсов, руб.;

$\mathcal{E}_о$ – ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д., руб.

Выводы

1. Собраны и критически проанализированы литературные данные, необходимые для проведения расчётов, по оценке материального ущерба при аварии на установке Л-24-6.

2. Рассчитаны прямые потери от аварии, составляющие 6 589,04 млн. рублей

3. Рассчитаны затраты на локализацию, ликвидацию и расследование аварии, составляющие 2,36 млн. рублей

4. Рассчитаны социально – экономические потери, составляющие 9,58 млн. рублей

5. Рассчитан косвенный ущерб от аварии, составляющий 770,94 млн. рублей

6. Рассчитан экологический ущерб от аварии, составляющий 7,9 млн. рублей

7. Рассчитаны потери от выбытия трудовых ресурсов, составляющие 52,3 млн. рублей

8. На основе расчётов был рассчитан полный ущерб от аварии, составивший 7 432,12 млн. рублей