

Оглавление

Введение

Глава 1. Основы анализа надежности технических систем в целях управления их безопасностью

1.1 История развития науки о надежности машин

1.2 Характеристика теории надежности

1.3 Процессы воздействия на техническую систему при эксплуатации

1.4 Основы расчета надежности технических систем по надежности их элементов

Глава 2. Основные положения теории риска

2.1 Понятие риска

2.2 Методика изучения риска

2.3 Развитие риска на промышленных объектах

Глава 3. Расчеты структурной надежности систем

Заключение

Библиографический список

Введение

Безопасность является одной из наиболее социально-значимых характеристик деятельности производств, связанных с риском нанесения вреда людям, материальным ценностям, природе в ходе выполнения общественно полезных работ.

Из этого следует необходимость тщательного изучения условий возникновения такого вреда, разработки и реализации мер по его минимизации. Причем, речь идет не только о проведении специальных исследований в этом вопросе, а о формировании так называемой культуры безопасности за счет передачи накапливаемых знаний широкому кругу специалистов, осуществляющих небезопасную деятельность, формирующих нормативно-правовую и методическую основу этой деятельности, а также созданию условий реализации этих

Надежность - это одна из обязательных составляющих качества любого технического объекта, часть его качества. Однако, являясь лишь одним из элементов качества, надежность существенно отличается от всех других его элементов, от остальных его свойств. Надежность является наиболее общим комплексным свойством, характеризующим качество любого технического изделия, машины, прибора. Это единственное общее свойство огромного большинства промышленных изделий.

Комплексность свойства «надежность» состоит в том, что техническое устройство считается тем надежнее, чем реже оно отказывает, чем дольше работает до потери работоспособности, чем проще и дешевле восстанавливается после отказа. Для более полной и детальной оценки вводят в рассмотрение частные свойства, формирующие комплексное свойство «надежность», это безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Произошедшие в последующие десятилетия аварии и катастрофы техногенного характера показали, к какому громадному ущербу приводит низкая надежность сложных технических систем. Для недопущения подобных трагедий потребовалась разработка научных методов анализа, расчета и обеспечения высокой надежности ТО и их элементов, т. е. теории надежности.

Надежность и техногенный риск тесно взаимосвязаны. Повышение надежности уменьшает техногенный риск, но требует дополнительных материальных затрат. При низкой надежности стоимость конструкций и сооружений, как правило, меньше, но потребуются больше затрат на ликвидацию последствий аварий и катастроф. Данная тема курсовой работы является актуальной, так как значение надежности и умение оценивать степень риска в техносфере чрезвычайно важно. Аварии на производствах приводят к гибели людей, загрязнению окружающей среды, опасному для здоровья и жизни человека. Общество все в большей мере сталкивается с необходимостью обеспечения безопасности и защиты человека, техники и окружающей среды.

Цель работы: рассмотреть основы анализа надежности и риска, а так же провести расчеты структурной надежности систем.

Для реализации поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Рассмотреть основы анализа надежности технических систем в целях управления их безопасностью.
2. Охарактеризовать основные положения теории риска
3. Рассчитать структурную надежность системы.

Глава 1. Основы анализа надежности технических систем в целях управления их безопасностью

### 1.1 История развития науки о надежности машин

Теория надежности - молодая наука, ее около 50 лет. Надежность как отдельное требование при проектировании, производстве и эксплуатации сформировалось недавно, хотя изучение последствий отказов той или иной системы началось вместе с зарождением промышленности.

Понятие «надежность» тогда не использовалось, однако изобретателей первого парохода интересовала способность котлов и двигателей выдерживать длительные трансатлантические рейсы. На случай отказа паровой машины предусматривался резерв в виде парусов.

Фирма «Додж Бразерз», придумав много лет назад лозунг «Доверие к Доджу», имела в виду надежность. Несмотря на то, что в автомобилях американского производства давно применялся электростартер, они еще долго снабжались ручным стартером (автомобили выпуска 1960 года).

А всем известная трагедия с судном «Титаник». Он считался абсолютно непотопляемым судном, и, по-видимому, переоценка его надежности сыграла определенную роль в гибели судна.

Хотя еще в 19 веке и в первой четверти 20 века, для которых был характерен неторопливый ритм жизни, проблемы теперь называемой надежности являлись весьма серьезными. Однако последствия отказов не были столь драматичны и столь

катастрофичны, как в настоящее время.

Появление мощной скоростной авиации и очень сложной военной техники, а также необходимость сокращения сроков разработки означают, что нет времени на то, чтобы действовать старыми способами проектирования и повторной проверки до тех пор, пока не будет получена вполне удовлетворительная продукция.

В период с 1945 по 1951 г.г. стало очевидно, что существующие методы проектирования, производства необходимо изменить. Так как исключительно сложные системы, зачастую требующие принципиально новых научно-технических решений, нужно было проектировать и изготавливать в относительно короткие сроки, обеспечивая при этом высокую вероятность удовлетворительного выполнения требуемых функций.

Таким образом, надежность обуславливается практической необходимостью

## 1.2 Характеристика теории надежности

Применительно к опасным промышленным и транспортным объектам целесообразно рассматривать проблемы безопасности как проблемы надежности сложных человеко-машинных систем по отношению к здоровью и жизни людей, состоянию окружающей среды.

Во-первых, при определенных условиях эти понятия тесно связаны (например, когда нарушение работоспособного состояния технических элементов системы может привести к аварийным или катастрофическим последствиям).

Во-вторых, такой подход позволяет использовать количественные показатели безопасности, подобные в математическом отношении принятым показателям теории надежности, методы которой разработаны достаточно полно и широко используются на практике. При этом вводится понятие «технический риск» (или функция риска) как дополнение до единицы функции безопасности, определяемой по аналогии с функцией надежности как вероятность безопасной работы.

Работа любой технической системы может характеризоваться ее эффективностью (см. схему 1), под которой понимается совокупность свойств, определяющих способность системы выполнять определенные задачи.

Под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Схема 1 - Основные свойства технических систем

К параметрам, характеризующим способность выполнять требуемые функции, относят геометрические, кинематические и динамические параметры, показатели конструкционной прочности, показатели точности функционирования, производительности, скорости и т. п. С течением времени значения этих параметров могут изменяться, характеризуя то или иное состояние объекта.

Надежность в общем случае - комплексное свойство, определяемое через безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость технических систем. Для конкретных объектов и условий их эксплуатации эти свойства могут иметь различную значимость.

Для показателей надежности используются две формы их представления: вероятностная и статистическая. Вероятностная форма обычно бывает удобнее при априорных аналитических расчетах надежности, статистическая - при экспериментальном исследовании надежности технических систем. Многоцелевое назначение оборудования и систем приводит к необходимости исследовать те или другие стороны надежности с учетом причин, формирующих надежность объектов. Это приводит к необходимости подразделения надежности на виды.

Различают:

1. аппаратную надежность, обусловленную состоянием технических элементов сложных систем; в свою очередь она может подразделяться на надежность конструктивную, схемную, производственно-технологическую;
2. функциональную надежность, связанную с выполнением некоторой функции, возлагаемых на объект, систему;
3. эксплуатационную надежность, обусловленную качеством использования и обслуживания;
4. надежность системы «человек-машина», зависящую от характеристик взаимодействия человека-оператора и технического устройства.

### 1.3 Процессы воздействия на техническую систему при эксплуатации

Технические и эксплуатационные возможности технической системы закладываются при проектировании и обеспечиваются при изготовлении.

В процессе эксплуатации техническая система подвергается влиянию различных воздействий, при этом его показатели назначения изменяются.

Показатели назначения характеризуют степень соответствия технической системы целевому назначению, ее техническим и эксплуатационным возможностям.

Известно три источника воздействий:

1. внешний источник энергии - это действие погодных условий, а также действие оператора, управляющего технической системой и производящего техническое обслуживание и ремонт;
2. внутренний источник энергии - это в основном рабочий процесс, протекающий в технической системе и ее сопряжениях (рабочие процессы в двигателях, гидравлических системах и др.);
3. потенциальный источник энергии - это напряжение в материале и элементах технической системы, созданные при изготовлении и ремонте и накопленные при эксплуатации (внутренние напряжения в отливке; напряжения, возникающие после проведения ремонта методами сварки и наплавки, монтажные напряжения и др.).

Процессы различают по времени их воздействия:

- быстрые за доли секунды - это нагрузка, частота колебаний, температура;
- средние в часах - это например температура двигателя;
- длительные в днях и месяцах - это в основном изнашивание.

Все источники воздействия проявляются в виде: механической, тепловой и химической энергии.

Воздействия вызывают в материале элементов технической системы необратимые

процессы, которые приводят к изменению ее начальных параметров.

Процессы воздействия, как правило, изменяют в худшую сторону служебные свойства материалов и деталей технической системы.

Техническая система характеризуется отдельными параметрами, поэтому вследствие воздействия изменяются ее параметры. Все это приводит к изменению состояния технической системы.

#### 1.4 Основы расчета надежности технических систем по надежности их элементов

Расчеты надежности - расчеты, предназначенные для определения количественных показателей надежности. Они проводятся на различных этапах разработки, изготовления и эксплуатации объектов.

На этапе проектирования расчет надежности производится с целью прогнозирования (предсказания) ожидаемой надежности проектируемой системы. Такое прогнозирование необходимо для обоснования предполагаемого проекта, а также для решения организационно-технических вопросов:

- выбора оптимального варианта структуры объекта;
- способа резервирования элементов;
- глубины и методов контроля;
- количества запасных элементов;
- периодичности профилактики.

На этапе испытаний и эксплуатации расчеты надежности проводятся для оценки количественных показателей надежности. Такие расчеты носят, как правило, характер констатации. Результаты расчетов в этом случае показывают, какой надежностью обладали объекты, прошедшие испытания или используемые в некоторых определенных условиях эксплуатации. На основании этих расчетов разрабатываются меры по повышению надежности, определяются слабые места объекта, даются оценки его надежности и влияния на нее отдельных факторов. Многочисленные цели расчетов привели к большому их разнообразию (см. схему 2). Элементный расчет - определение показателей надежности объекта, обусловленных надежностью его комплектующих частей (элементов). В результате такого расчета оценивается техническое состояние объекта (вероятность того, что объект будет находиться в работоспособном состоянии, средняя наработка на отказ и т.п.).

Расчет функциональной надежности - определение показателей надежности выполнения заданных функций (например, вероятность того, что система подачи топлива в двигатели будет работать заданное время, в заданных режимах эксплуатации с сохранением всех необходимых параметров топливообеспечения).

Поскольку такие показатели зависят от ряда действующих факторов, то, как правило, расчет функциональной надежности более сложен, чем элементный расчет.

#### Схема 2 - Классификация расчетов надежности

Выбирая на схеме 2 варианты перемещений по пути, указанному стрелками, могут быть получены новые виды расчета.

### Глава 2. Основные положения теории риска

#### 2.1 Понятие риска

Специалисты различных отраслей промышленности в своих сообщениях и докладах

постоянно оперируют не только определением «опасность», но и таким термином, как «риск».

В научной литературе встречается весьма различная трактовка термина «риск», и в него иногда вкладываются отличающиеся друг от друга содержания.

Риск включает неуверенность, произойдет ли нежелательное событие и возникнет ли неблагоприятное состояние. Заметим, что в соответствии с современными взглядами риск обычно интерпретируется как вероятностная мера возникновения техногенных или природных явлений, сопровождающихся возникновением, формированием и действием опасностей и нанесенного при этом социального, экономического, экологического и других видов ущерба и вреда.

Под риском следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного класса, или же размер возможного ущерба (потерь, вреда) от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин.

Применительно к проблеме безопасности жизнедеятельности таким событием может быть ухудшение здоровья или смерть человека, авария или катастрофа технической системы или устройства, загрязнения или разрушение экологической системы, гибель группы людей или возрастание смертности населения, материальный ущерб от реализовавшихся опасностей или увеличение затрат на безопасность.

Каждое нежелательное событие может возникнуть по отношению к определенной жертве - объекту риска. Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать индивидуальный, технический, экологический, социальный и экономический риски. Каждый вид его обуславливают характерные источники и факторы риска, классификация и характеристика которого приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Классификация и характеристика видов риска

Индивидуальный риск - обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций. Это риск может быть добровольным, если он обусловлен деятельностью человека на добровольной основе, и вынужденным, если человек подвергается риску в составе части общества (например, проживание в экологически неблагоприятных регионах, вблизи источников повышенной опасности).

Технический риск - комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Экологический риск - выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами

Социальный риск - характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий чрезвычайных ситуаций, а также различного рода явлений и преобразований,

снижающих качество жизни людей. По существу -- это риск для группы или сообщества людей. Оценить его можно, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы.

Экономический риск - определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом от рассматриваемого вида деятельности.

Использование рассматриваемых видов риска позволяет выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности как на уровне предприятия, так и на макроуровнях в масштабах инфраструктур. Для этого необходимо выбирать значения приемлемого риска.

## 2.2 Методика изучения риска

Риск связан с бесконтрольным освобождением энергии или утечки токсических веществ.

На предприятии некоторые участки производства представляют большую опасность, чем другие. Поэтому необходимо вначале разбить предприятие на подсистемы, чтобы выявить такие участки производства, которые являются источниками бесконтрольных утечек.

Шаг 1. Выявить источники опасности: возможны ли утечки ядовитых веществ, взрывы, пожары и т.д.

Было установлено, чтобы обнаружить опасные подсистемы полезно использовать следующие ключевые слова и выражения: больше чем, меньше чем, ни один из, часть из, чем другие, так же как, позже чем, скорее чем.

Шаг 2. Определить части системы, которые могут вызвать эти опасные состояния: химические реакторы, емкости, хранилища, энергетические установки.

Средствами к достижению понимания опасностей в системе являются инженерный анализ и детальное рассмотрение окружающей среды, процесса работы и самого оборудования.

При этом очень важно знание: степени токсичности, правил безопасности, взрывоопасных условий, прохождения реакций, коррозионных процессов и условий возгораемости.

Следует вводить определенные ограничения на анализ технических систем и окружающей среды. Так как, например, нерационально в деталях изучать параметры риска, связанного с разрушением ректификационной колонны нефтеперерабатывающего завода из-за столкновения самолета с ней.

Шаг 3. Следует ввести ограничения на анализ.

Например, нужно решить, будет ли он включать детальное изучение риска в результате саботажа, диверсий, войны, ошибок людей, поражения молнией, землетрясений и т.д.

## 2.3 Развитие риска на промышленных объектах

На процесс зарождения и развития риска оказывает свое влияние многообразие факторов и условий, характерных для промышленной системы (см. схему 3).

Знакомство с приведенной схемой позволяет выделить целый ряд первопричин риска: отказы в работе узлов и оборудования вследствие их конструктивных недостатков, плохого технического изготовления или нарушения правил

технического обслуживания; отклонения от нормальных условий эксплуатации; ошибки персонала; внешние воздействия и пр.

Вследствие возможности возникновения указанных причин опасные промышленные объекты постоянно находятся в неустойчивом состоянии, которое по отношению к безопасности производства становится особенно критичным при возникновении аварийных ситуаций на объектах.

Схема 3 - Функциональная модель развития риска

Риск возникает при следующих необходимых и достаточных условиях:

- существование фактора риска (источника опасности);
- присутствие данного фактора риска в определенной, опасной (или вредной) для объектов воздействия дозе;
- подверженность (чувствительность) объектов воздействия к факторам опасностей.

Между авариями в самых разных отраслях можно заметить явное сходство.

Обычно аварии предшествует накопление дефектов в оборудовании или отклонение от нормального хода процессов. Эта фаза может длиться минуты, сутки или даже годы. Сами по себе дефекты или отклонения еще не приводят к аварии, но готовят почву для нее. Операторы, как правило, не замечают этой фазы из-за невнимания к регламенту или недостатка информации о работе объекта, так что у них не возникает чувства опасности.

На следующей фазе происходит неожиданное или редкое событие, которое существенно меняет ситуацию. Операторы пытаются восстановить нормальный ход технологического процесса, но, не обладая полной информацией, зачастую только усугубляют развитие аварии. Наконец, на последней фазе еще одно неожиданное событие - иногда совсем незначительное - играет роль толчка, после которого техническая система перестает подчиняться людям, и происходит катастрофа.

Риск является неизбежным, сопутствующим фактором промышленной деятельности.

Риск объективен, для него характерны неожиданность, внезапность наступления, что предполагает прогноз риска, его анализ, оценку и управление - ряд действий по недопущению факторов риска или ослаблению воздействия опасности.

надежность машина риск

Глава 3. Расчеты структурной надежности систем

Структурная схема надежности приведена на рисунке 1.

Рис. 1- Исходная схема системы

Значения интенсивности отказов элементов даны в 1/ч:

$$\lambda_1 = 0,05;$$

$$\lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0,5;$$

$$\lambda_6 = \lambda_7 = \lambda_8 = 0,05;$$

$$\lambda_9 = \lambda_{10} = 0,005;$$

$$\lambda_{11} = 0,1;$$

$$\lambda_{12} = \lambda_{13} = 0,2;$$

$$\lambda_{14} = 0,1;$$

$$r = 65 \%$$

Так как по условию все элементы системы работают в периоде нормальной



эксплуатации, то вероятность безотказной работы элементов с «1» по «14» (рис. 1) подчиняются экспоненциальному закону:

где  $p_i$  - вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента;

$\lambda_i$  - интенсивность отказов  $i$ -го элемента;

$t$  - время наработки.

В исходной схеме элементы «2», «6», «9» и «11» образуют последовательное соединение. Заменяем их квазиэлементом «А», получим:

$$P_A = p_2 * p_6 * p_9 * p_{11}$$

В исходной схеме элементы «3», «7», и «10» образуют последовательное соединение.

Заменяем их квазиэлементом «В», получим:

$$P_B = p_3 * p_7 * p_{10}$$

В исходной схеме элементы «4», и «8» образуют последовательное соединение.

Заменяем их квазиэлементом «С», получим:

$$P_C = p_4 * p_8$$

После преобразований схема изображена на рисунке 2.

Рис. 2 - Преобразованная схема

В преобразованной схеме (рисунок 2) элементы «А», «В», «С» и «5» образуют параллельное соединение. Заменяем их квазиэлементом «D», получим:

$$P_D = 1 - Q_D = 1 - q_A * q_B * q_C * q_5$$

$Q_D$  - вероятность отказа элемента «D»;

$q_A$  - вероятность отказа элемента «А»;

$q_B$  - вероятность отказа элемента «В»;

$q_C$  - вероятность отказа элемента «С»;

$q_5$  - вероятность отказа элемента «5».

После преобразований схема изображена на рисунке 3.

Рис. 3 - Преобразованная схема

В преобразованной схеме (рисунок 3) элементы «12» и «13», образуют параллельное соединение. Заменяем их квазиэлементом «Е». Так как  $p_{12} = p_{13}$ , то для определения вероятности безотказной работы элемента «D» получим:

$$P_E = 1 - Q_E = 1 - q_{12} q_{13} = 1 - (1 - p_{12})^2$$

$Q_E$  - вероятность отказа элемента «Е»;

$q_{12}$  - вероятность отказа элемента «12»;

$q_{13}$  - вероятность отказа элемента «13».

После преобразований схема изображена на рисунке 4.

Рис. 4 - Преобразованная схема

В исходной схеме элементы «1», «D», «Е» и «14» образуют последовательное соединение. Тогда вероятность безотказной работы всей системы:

$$P = p_1 * P_D * P_E * p_{14}$$

Рассчитаем вероятности элементов и вероятность безотказной работы всей системы

по приведенным формулам. Результаты расчетов вероятностей безотказной работы элементов с «1» по «14» исходной схемы для наработки от 0,4 до 2,5106 часов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Элемент

Л\*10-6 ч-1

0,4

0,6

0,8

1

1,5

2

2,5

1

0,05

0,9802

0,9704

0,9608

0,9512

0,9277

0,9048

0,8825

2,3,4,5

0,5

0,8187

0,7408

0,6703

0,6065

0,4724

0,3679

0,2865

6,7,8

0,05

0,9802

0,9704

0,9608

0,9512

0,9277

0,9048

0,8825

9,1

0,005

0,9980

0,9970

0,9960

0,9950

0,9925

0,9900

0,9876

11

0,1

0,9608

0,9418

0,9231

0,9048

0,8607

0,8187

0,7788

12,13

0,2

0,9231

0,8869

0,8521

0,8187

0,7408

0,6703

0,6065

14

0,1

0,9608

0,9418

0,9231

0,9048

0,8607

0,8187

0,7788

A

-

0,7695

0,6750

0,5921

0,5194

0,3744

0,2698

0,1945

B

-

0,8009

0,7168

0,6415

0,5741

0,4350

0,3296



0,2497

C

-

0,8025

0,7189

0,6440

0,5769

0,4382

0,3329

0,2528

D

-

0,9984

0,9933

0,9828

0,9659

0,8952

0,7936

0,6778

E

-

0,9941

0,9872

0,9781

0,9671

0,9328

0,8913

0,8452

P

0,9347

0,8962

0,8526

0,8041

0,6668

0,5240

0,3937

На рисунке 5 представлен график зависимости вероятности безотказной работы системы «Р» от времени (наработки)  $t$ .

По графику (рисунок 5, кривая Р) находим для  $\gamma = 65\%$  ( $P^* = 0,65$ ) - процентную наработку системы  $T^* = 1,6 * 10^6$  ч.

Проверочный расчет при  $T = 1,6 * 10^6$  ч. показывает, что  $P = 0,6380 \approx 0,65$  (см. таб. 2).  
Таблица 2.

Элемент

Л\*10-6 ч-1

1,6

2,4

1

0,05

0,9231

0,8869

2,3,4,5

0,5

0,4493

0,3012

6,7,8

0,05

0,9231

0,8869

9,1

0,005

0,9920

0,9881

11

0,1

0,8521

0,7866

12,13

0,2

0,7261

0,6188

14

0,1

0,8521

0,7866

A

-

0,3506

0,2076

B

-

0,4115

0,2639

C

-

0,4148

0,2671

D

-

0,8768

0,7013

E

-

0,9250

0,8547

P

0,6380

0,4182

По условиям задания повышенная - процентная наработка системы  $T^* = 1,5 * T = 1,5$



\*  $1,6 * 10^6$  ч. =  $2,4 * 10^6$  ч.

Расчет показывает, что при  $T^* = 2,4 * 10^6$  ч. для элементов преобразованной схемы, изображенной на рисунке 4:  $p_1 = 0,8869$ ,  $P_D = 0,7013$ ,  $P_E = 0,8547$  и  $p_{14} = 0,7866$ .

Следовательно, из последовательно соединенных элементов минимальное значение вероятности безотказной работы имеет квазиэлемент «D», и именно увеличение его надежности даст максимальное увеличение надежности системы в целом.

Для того чтобы при  $T^* = 2,4 * 10^6$  ч. система в целом имела вероятность безотказной работы,  $P^* = 0,65$  необходимо, чтобы квазиэлемент «D» имел вероятность безотказной работы:

$$P^* D = P^* / p_1 * P_E * p_{14}$$

$$P^* D = 0,65 / 0,8869 * 0,8547 * 0,7866 = 1,0901$$

Очевидно, значение  $P^* D$ , полученное по данной формуле, является минимальным для выполнения условия увеличения наработки не менее, чем в полтора раза, при более высоких значениях  $P^* D$  увеличение надежности системы будет большим.

Для определения минимально необходимой вероятности безотказной работы элементов А, В, С и 5 (см. рис. 2), необходимо решить уравнение относительно  $P_A$  при  $P^* D = 1,0901$

Однако, т.к. аналитическое выражение этого уравнения связано с определенными трудностями, более целесообразно использовать графоаналитический метод. Для этого по данным табл. 1 строим график зависимости  $P^* D = f(P_A)$ . График представлен на рис. 5.

#### Заключение

Целью моей работы являлось рассмотреть основы анализа надежности и риска, а так же провести расчеты структурной надежности систем.

В результате решения поставленных задач, была определена:

1. Характеристика теории надежности.
2. Методика изучения риска.
3. Расчеты вероятности элементов и вероятности безотказной работы системы.

В условиях сложившейся в настоящее время в России ситуации проблема техногенной опасности приобретает особое значение для промышленных районов, где сосредоточен огромный потенциал опасных производств в сочетании со значительным износом основного оборудования и сложной социально-экономической обстановкой.

Теория надежности в любой отрасли промышленности опирается на математику и технические дисциплины. Абсолютно надежных конструкций и сооружений не бывает, поэтому специалист в этой области должен уметь грамотно оценивать техногенный риск, заложенный в предлагаемый проект, представленный на техническую экспертизу, средства и мероприятия, предназначенные для минимизации ущерба в случае производственных аварий, оценивать методы их прогнозирования и предупреждения.

#### Библиографический список

1. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем; перев. с

англ. - М.: Мир, 2010. - 318 с.

2. Левин, В.И. Логическая теория надежности сложных систем. - М.: Энергоатомиздат, 2010. - 608 с.

3. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений; пер. с нем. - М.: Мир, 2010. - 208 с.

4. Нечипоренко, В.И. Структурный анализ систем. -М.: Академия, 2011. - 214 с.

5. Острейковский, В.А. Теория надежности. - М.: Высш. шк., 2009. - 463 с.

6. Патрушев В.И. Надежность и эффективность в технике: - М.: Машиностроение, 2009. - 316 с.

7. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности: практикум.- СПб.: БХВ, 2006. - 560 с.

8. Решетов Д.Н. Надежность машин: учеб. пособие для машиностр. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 2012. - 238 с.

9. Рябинин И.А., Черкесов Г.Н. Логико-вероятностный метод исследования надежности систем. - М.: Радио и связь, 2013 - 216 с.

10. Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. - М.: Машиностроение, 2012. - 224 с....