

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра машиностроения**

# **ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2020**

УДК 622.2 (073)

**ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ:**

Методические указания к самостоятельным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Михайлов, С.Л. Иванов, В.И. Князькина, К.А. Сафрончук*. СПб, 2020. 18 с.

Изложены общие требования к самостоятельной работе студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело», даны темы рефератов по учебной дисциплине «Теория надежности горных машин и оборудования» специализации «Горные машины и оборудование», а также по дисциплине «Надежность технологических машин и оборудования» для направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Дано краткое описание курса в приложении к эксплуатации горных и технологических машин и оборудования.

Методические указания также могут быть полезны для студентов бакалавриата направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» по учебной дисциплине «Надежность технологических машин и оборудования», а также студентов бакалавриата направления 15.03.01 «Машиностроение».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент канд. техн. наук *Е.Ю. Степук* (ЗАО «Эс-Сервис»)

## ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа нацелена на повышение уровня теоретического и практического усвоения студентами курса учебных дисциплин: «Теория надежности машин и оборудования» для специальности 21.05.04 «Горное дело» и «Надежность технологических машин и оборудования» для направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Самостоятельная работа рассматривается как специфический вид деятельности и связана с самостоятельным получением знаний, их закреплением, углублением и обобщением, включая знания полученные ранее.

Организация самостоятельной работы предполагает формирование профессиональных компетенций, обеспечивающих проведения обучающимся самостоятельных научных исследований по оценке работоспособности и эффективности средств комплексной механизации производства, что предполагает: выполнение заданий, способствующих решению учебных задач; самостоятельное изучение отдельных аспектов содержания дисциплины; выполнение творческих заданий; подготовку к индивидуальным консультациям с преподавателем.

Самостоятельная работа необходима не только для освоения дисциплины, но и для формирования навыков самостоятельной работы, как в учебной, так и профессиональной деятельности.

Во время внеаудиторных занятий обучающиеся должны подготовить рефераты, направленные в основном на выявление и обоснование работоспособности машин и оборудования, применении методов и средств механизации для повышения их надежности.

Основная задача подготовки реферата состоит в том, чтобы на примере рассмотрения одной из актуальных задач, связанных с надежностью технологических машин, развить навыки самостоятельной работы с оригинальными научными текстами, информационно-аналитической литературой, монографическими исследованиями и разработками.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Наука о надежности изучает закономерности изменения показателей качества технических объектов и систем.

При оценке качества продукции для изделий машиностроения выделяют следующие *свойства*: назначение, надежность, безопасность, технологичность, стандартизация и унификация, а также патентно-правовые, эргономические и эстетические.

В теории надежности часто применяют понятия система, элемент и объект.

**Объект** – предмет рассмотрения, на который распространяется терминология по надежности в технике.

Совокупность объектов, объединенных общим назначением и целью функционирования, может рассматриваться также как объект. Объектами могут быть различные системы и их элементы.

Объект (изделие) как систему можно разделить на подсистемы, которые в свою очередь, можно разложить на элементы.

**Элемент** – объект, для которого в рамках данного рассмотрения не выделяются составные части. Это простейшая составная часть изделия, которая может состоять из многих деталей.

**Система** – объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в определенном контексте как единое целое и отделенных от окружающей среды. Для системы должна быть установлена граница, отделяющая ее от окружающей среды и других систем. Однако на работу системы может влиять окружающая среда и для работы системы могут требоваться внешние ресурсы (лежащие вне границ системы).

**Подсистема** – часть системы, которая представляет собой систему.

Каждый объект, чтобы его можно было считать системой, должен обладать *четырьмя* основными свойствами или признаками (*целостностью и делимостью, наличием устойчивых связей, организацией и эмерджентностью*).

В соответствии с ГОСТ 27.002-2015 ниже приводится ряд определений:

*Надежность* – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

*Безотказность* – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

*Долговечность* – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

*Ремонтопригодность* – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

*Сохраняемость* – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

*Восстанавливаемость* – свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта. Для восстановления могут требоваться или не требоваться внешние воздействия. Для случая, когда внешние воздействия не требуются, может использоваться термин самовосстанавливаемость.

*Готовность* – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены. Готовность зависит от свойств безотказности, ремонтнопригодности и восстанавливаемости объекта.

*Исправное состояние, исправность* – состояние объекта, в котором он соответствует всем требованиям, установленным в документации на него.

*Работоспособное состояние* – состояние объекта, в котором он способен выполнять требуемые функции. Или как состояние объекта, в котором значения *всех параметров*, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям, установленным в документации на этот объект.

*Рабочее состояние* – состояние объекта, в котором он выполняет какую-либо требуемую функцию. Рабочее состояние отличается от работоспособного отсутствием упоминания о способности (возможности) выполнить функцию, т.е. в рабочем состоянии объект уже выполняет какую-либо требуемую функцию, а в работоспособном состоянии объект потенциально способен ее выполнить, но не обязательно выполняет в данный момент.

*Опасное состояние* – состояние объекта, в котором возникает недопустимый риск причинения вреда людям, или окружающей среде, или существенных материальных потерь, или других неприемлемых последствий.

*Предотказное состояние* – состояние объекта, характеризующее повышенным риском его отказа.

*Предельное состояние* – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

*Повреждение* – событие (носящее деградационный характер при изготовлении, транспортировании, монтаже или эксплуатации) заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении его работоспособного состояния (ГОСТ 27.002-2015) или в неспособности объекта выполнять заданную функцию.

*Дефект* – каждое отдельное несоответствие объекта (отклонение от параметров изделия) требованиям, установленным документацией. Дефект отражает состояние отличное от отказа, но переводит объект из исправного состояния в состояние работоспособное, подобно повреждению. Различие в понятиях

повреждение и дефект формально сводятся к следующему: повреждение – приобретенное в процессе эксплуатации, хранения, транспортировке, техническом обслуживании, дефект – несоответствие, обусловленное ошибками при проектировании, пороками материала и браком при изготовлении и сборке, испытаниях, не выявленных при входном и выходном контроле. Дефект проявляется лишь при его обнаружении.

*Сбой* – самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора.

*Отказ* – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. *Отказ* как событие (ГОСТ 27.002-2015) является началом неработоспособного состояния объекта во времени, заключающегося в критичном нарушении его работоспособного состояния, предполагается, что до появления отказа объект был работоспособен (был полностью исправен или имел не критичные повреждения).

Система технического обслуживания и ремонта оборудования является одной из наиболее сложных областей системы управления качеством производственных процессов, основной задачей, которой является поддержание технологического оборудования в работоспособном состоянии, обеспечивая надежность его работы. Техническое обслуживание традиционно связывали с устранением неисправностей и ремонтом оборудования, подверженного износу и старению.

Проведение технического обслуживания и ремонта основывается на применении трех базовых схем (стратегий): обслуживание по факту отказа, профилактическое обслуживание и обслуживание по их состоянию и четвертой основанной на их сочетании.

В настоящее время широко используются следующие стратегии ТОиР, имеющие свои достоинства и недостатки:

- ремонтное обслуживание по факту отказа или выработки ресурса –реактивное (реагирующее) профилактическое обслуживание, известное также как *Run-to-Failure – RTF* или *Run-to-Breakdown – RtB (Breakdown Maintenance)*. В качестве технического

обслуживания проводится ограниченный перечень мероприятий по поддержанию его в работоспособном состоянии. Система *реактивного технического обслуживания*, является наиболее простой. Примем удельные затраты предприятия при таком виде ТОиР  $Z_{\text{top}}=1,0$  (руб/КВт установленной мощности в год);

- обслуживание по регламенту или планово-предупредительные ремонты (**ППР**), проводимые по наработке *Time-Based Maintenance – TBM* или *Preventive Maintenance – PM* профилактическое обслуживания. Суть этого подхода в том, чтобы провести ТОиР до перехода в предельное состояние, тем самым улучшить техническое состояние оборудования и снизить вероятность возникновения отказа. Как следствие, объемы и количество работ при ППР возрастают. На практике величина этой наработки стала определяться календарным интервалом, а момент проведения ТОиР проводить по достижении некоторого времени наработки оборудования – **TBM**. Современные автоматизированные системы управления ТОиР – это *CMMS-* и *EAM-*системы (*CMMS – Computerized Maintenance Management System, EAM – Enterprise Asset Management*), в частности широко известная *EAM-*система - система *TRIM*. Они унаследовали средства формирования планов-графиков, но на качественно новом уровне: в части совместной работы с графиками, доступа к данным о работах, взаимосвязи их с материальными и финансовыми потоками и т. д. ( $Z_{\text{top}}=0,87$ );

- обслуживание по фактическому состоянию (**ФСО**) *Condition-Based Maintenance – CBM*, является более прогрессивной системой ТОиР и сводится к минимизации отказов путем проведения сервисного обслуживания по результатам мониторинга и технической диагностики состояния с использованием средств неразрушающего контроля. На принципах *CBM* построены системы бережливого производства (*Lean Production*) – призванные к устранению всех видов потерь. Широко известны такие системы бережливого производства, как **5S** (пять японских слов или 5 шагов: Сортировка (нужное-ненужное), Соблюдение порядка (всё на своём месте), Содержание в чистоте (возврат в исходное состояние), Стандартизация, Совершенствование), **TQM** (Всеобщий менеджмент



качества *Total quality management*), **JIT** («точно в срок» *Just-in-time*) и **TPM** (*total productive maintenance* – всеобщий уход за оборудованием). Однако предупредительное обслуживание трудно реализуемо как из-за сложности эффективных систем диагностики многочисленных параметров и значительных затрат на приборную базу, системы обработки информации, так и персонал. ( $Z_{\text{top}}=0,56$ ).

Следующими ступенями являются системы технического обслуживания, ориентированные на надежность (*Reliability-centered Maintenance - RCM*) – стратегия предупреждения отказов способных вызвать лишь значимые последствия, и *RCMII (Risk-Based Maintenance – RBM)* – оценки и сопоставления рисков: снижение риска последствий путем проведения ТОиР, либо принятия этого риска и отказ от проведения ТОиР.

- обслуживание, ориентированное на надежность (*Reliability-Centered Maintenance – RCM*). Согласно *RCM*, различные единицы или группы оборудования на предприятии имеют разную значимость (критичность) для выполнения производственной системой своих функций и исключения возможного ущерба. Для оценки критичности отказов и рисков возможных потерь проводится рейтинговая оценка. Пример такой оценки представлен в таблице 1. *RCM* перенаправляет внимание предприятия с отказов как таковых на их последствия. *RCM* не является в чистом виде предупредительным обслуживанием, так как здесь предупредительные практики комбинируются с *RTF* ( $Z_{\text{top}}=0,42$ ).

Перспективной является система сервиса, которая должна опираться не только на строгую техническую процедуру, но и на добросовестное их выполнение *CM&R (Conscientious Maintenance and Repair)*.

Результаты анализа причин отказов, характерные для этих производств: ошибки сборки, недостаточно точная балансировка и расцентровка машинного оборудования составляют 90% , при этом удельный вес этих причин примерно одинаков. Одним из вариантов, позволяющим снизить риски появления данного типа отказов можно и возможно, используя процедуры технологии ***Mechanical Precision Maintenance (MPM)*** или точного технического обслуживания

машинного оборудования. Под термином точное или прецизионное следует скорее понимать добросовестное или безукоризненное техническое обслуживание. Целью последнего является улучшение качества проводимого технического обслуживания, путем повышения точности выполняемых работ, и скрупулёзного и качественного их выполнения. Небольшие изменения в методах техобслуживания приводят к существенному увеличению срока службы машины. Для этой технологии условные затраты на ТОиР одни из самых низких –  $Z_{\text{тор}}=0,31$ .

Основными временными понятиями являются:

- *ресурс*  $T_p$  – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Технический ресурс  $T_{p,t}$  представляет запас возможной наработки объекта;

- *срок службы*  $T_{cl}$  – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние;

- *остаточный ресурс*  $T_{p,ост}$  – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние. Аналогично вводятся понятия остаточной наработки до отказа, остаточного срока службы и остаточного срока хранения;

- *назначенный ресурс*  $T_{p,n}$  – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния;

- *назначенный срок службы*  $T_{cl,n}$  – календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния. По истечении назначенного ресурса (срока службы, срока хранения) объект изымается из эксплуатации.

В отличие от единичного показателя надежности комплексный показатель надежности количественно характеризует не менее двух свойств, составляющих надежность, например безотказность и ремонтпригодность. Примером комплексного показателя надежности служит коэффициент готовности  $K_r$ .

*Коэффициент готовности* – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени. При выборе рассматриваемого момента времени могут исключаться планируемые периоды, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

*Коэффициент неготовности*  $K_{нг}$  – вероятность того, что объект окажется в неработоспособном состоянии в данный момент времени.

*Коэффициент технического использования*  $K_{ти}$  – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

*Коэффициент оперативной готовности*  $K_{ог}$  – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

*Коэффициент сохранения эффективности*  $K_{эф}$  – отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают.

## **2. РЕФЕРАТИВНАЯ ФОРМА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Выполнение реферата отражает:

- 1) уровень владения студентом учебным материалом по дисциплине;
- 2) демонстрацию умения применять полученные знания в качестве методологических оснований в решении учебных, профессиональных и других задач;

3) степень развития навыков самостоятельной научной работы по сбору, изучению, анализу и обобщению, а также по обоснованию и изложению материала, необходимого для раскрытия выбранной темы;

**Не допускается** включение в реферат:

а) материалов, не имеющих прямого отношения к избранной научной области (например, вывод формул; подробные описания используемого математического аппарата; подробные описания экспериментов);

б) материалов по устаревшим технологиям и машинам.

в) включение в реферат материалов, заимствованных из рефератов других магистрантов;

г) использование материалов из печатных или электронных источников без ссылок на них.

Реферат выполняется в течение промежутка времени, отведенного для этого учебным планом.

### ***2.1. Структура и содержание реферата***

Реферат (от лат. refero - докладываю, сообщаю) – краткое изложение в письменном виде результатов изучения интересующей научной задачи, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Он состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; заключение по реферату. Студент имеет право, по согласованию с преподавателем, самостоятельного выбора темы реферата в соответствии с заданной тематикой. В своем реферате студент излагает точки зрения по затронутым в работе вопросам и полемику ведущих специалистов по изучаемой теме, делает соответствующие выводы и определяет свое мнение по указанной теме.

Объем зависит от поставленной задачи: от 15 до 25 страниц.

Во введении приводится трактовка ключевых понятий, представляется и актуализируется задача, решению которой посвящено данное задание, составляющая, с точки зрения студента, существо задания, формируется и формулируется цель работы.

Основная часть – систематизированное, аргументированное изложение поставленной задачи.

В заключении даются краткие выводы и результаты решения задачи.

Реферат представляет собой структурированный материал, помещаемый в первую главу магистерской диссертации. Первая глава должна показать, что соискатель владеет в полной мере вопросами торфяного производства, знает машины и оборудование технологических процессов, разбирается в предмете своего исследования (машина, агрегат, узел), знаком с научной литературой по теме диссертационной работы и представляет степень ее проработанности предшествующими исследователями, для чего представляет анализ и обобщение известных теоретических и экспериментальных работ.

Целью написания реферата является закрепление знаний по надежности машин и оборудования, а также подготовка студентов к аттестации по предмету учебной дисциплины.

Реферат выполняется по предлагаемой ниже тематике, касающейся вопросов надежности, диагностики и технического обслуживания объектов. Реферат выбирается в соответствии с номером в списке учебной группы.

## ***2.2. Примерные темы рефератов***

1. Понятия свойств надежности технологического оборудования.

2. Экономический аспект проблемы надежности

3. Обеспечение надежности долговечности и безотказности машин методами сервисного технического обслуживания

4. Единичные и обобщенные показатели надежности, их применение при оценке надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых объектов.

5. Оценка вида закона изменения случайной величины по экспериментальным данным

6. Повышение долговечности деталей подвергающихся износу.

7. Оценка надежности системы с последовательным и параллельным соединением элементов.

8. Основные понятия и термины, применяемые при расчете надежности (изделие, элемент, система, исправное состояние, работоспособное состояние, неработоспособное и т.д).

9. Основные эксплуатационные мероприятия по поддержанию надёжности технологических машин

10. Испытания на надежность

11. Основные показатели безотказности и долговечности

12. Система планово-предупредительного ремонта технологического оборудования

13. Методы количественной оценки надежности, их краткая характеристика, область применения.

14. Основные показатели ремонтпригодности и сохраняемости.

15. Модернизация оборудования

16. Комплексные показатели надежности (коэффициент готовности, технического использования), эксплуатационные показатели надежности.

17. Наиболее распространенные законы изменения вероятности безотказной работы со временем

18. Допуски, посадки в технологических машинах.

19. Методы повышения безотказности технических объектов

20. Основные понятия и определения теории надежности (долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс, срок службы, среднее время восстановления). Примеры.

21. Структура производственного процесса капитального ремонта машин

22. Выбор рациональной номенклатуры показателей надежности изделия

23. Составление схем надежности и их расчет.

24. Этапы создания новой техники и виды проектных работ. Содержание и стадии разработки конструкторской документации.

25. Планы наблюдений при сборе информации по надежности

26. Основные законы распределения дискретных величин, используемые при определении показателей надежности.
27. Классификация методов восстановления деталей машин.
28. Ресурс и срок службы технологических машин
- 29..Методы повышения надежности Способ уменьшения интенсивности отказов
30. Неуравновешенность. Основные способы балансировки деталей машин.
31. Показатели надежности восстанавливаемых и не восстанавливаемых объектов
32. Основные понятия и определения теории надежности (работоспособность, отказ, критерий отказа, безотказность, наработка, предельное состояние). Примеры.
33. Организация ремонта на ремонтных предприятиях
34. Основные понятия и определения теории надежности (объект, элемент, система, наработка, отказ, работоспособное и исправное состояния и т.д.)
35. Оценка числа запасных частей
36. Рациональные конструкции механизмов узлов и деталей приводов технологических машин. Технологичность конструкции.

### **2.3. Оформление реферата**

Набор текста реферата оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ на листах формата А4 средствами текстового процессора Microsoft Word. Поля: левое 25 мм; правое, верхнее и нижнее – 20 мм. Стилль шрифта – Times New Roman, размер шрифта для заголовков глав и других рубрикаций – 14, для текста – 12, межстрочный интервал – 1,5, отступ первой строки абзаца – 1,25 и выравнивание по ширине. Расстановка переносов слов в тексте должна выполняться автоматически.

Заголовки печатаются без переносов и выравниваются по центру. Разрешается использовать в тексте курсивное и полужирное начертание для акцентирования внимания на важных положениях текста.

Заголовки структурных частей реферата («СОДЕРЖАНИЕ», «РАЗДЕЛ 1», «РАЗДЕЛ 2», «РАЗДЕЛ 3», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ») печатают прописными буквами по центру строк без абзацного отступа полужирным шрифтом.

Каждую структурную часть реферата следует начинать с нового листа. Заголовки подразделов (параграфов) и пунктов печатают строчными буквами (первая прописная) с абзацного отступа полужирным шрифтом. В конце заголовков точку не ставят. Выравнивание – по левому краю. Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Перенос слов в заголовках, названиях таблиц и рисунков не допускается.

Интервал между заголовком и последующим текстом должен составлять 12 пунктов. Если между двумя заголовками текст отсутствует (например, между заголовками главы и подраздела), то интервал между ними устанавливается в 12 пунктов. Интервал между заголовком и предшествующим текстом должен составлять 24 пункта.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами размером 12 пунктов с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту реферата. Номер страницы проставляется в центре нижнего колонтитула. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, однако номер страницы на титульном листе не проставляют. Рисунки и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц.

Нумерация разделов, подразделов, пунктов, рисунков, таблиц, формул, уравнений дается арабскими цифрами. Номер подраздела состоит из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделенных точкой.

Пункты нумеруют в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из порядковых номеров главы, подраздела и пункта, разделенных точками, например, 2.4.1 – первый пункт четвертого подраздела второй главы.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов приводят после их номеров без точки через пробел.

Иллюстрации и таблицы следует располагать непосредственно на странице с текстом после абзаца, в котором они



упоминаются впервые, или отдельно на следующей странице, если они занимают все поле листа формата А4.

Иллюстрации и таблицы обозначают соответственно словами «Рисунок» и «Таблица» и нумеруют последовательно в пределах всей работы. На все таблицы и иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

Иллюстрации, как правило, имеют наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст), располагаемые по центру страницы.

Таблицу с большим количеством строк переносят на следующий лист таким образом, чтобы головка таблицы не была оторвана от строк. При переносе части таблицы на другой лист ее заголовок указывают один раз над первой частью, слева над другими (переносимыми) частями пишут слово «Продолжение», а затем «Окончание» и указывают номер таблицы, например: «Окончание таблицы 1.2».

Заголовки граф и строк пишут с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописной, если они имеют самостоятельное значение.

Формулы набираются с помощью редактора формул, формулы располагаются по центру, нумерация проставляется в круглых скобках в правом положении на строке. Латинские буквы набираются курсивом; русские, греческие буквы, цифры и химические символы, критерии подобия – прямым.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу или уравнение, приводится непосредственно под формулой или уравнением в той же последовательности, в которой они даны в формуле (уравнении). Значение каждого символа и числового коэффициента следует приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

В тексте реферата необходимо в квадратных скобках давать ссылки на источники. Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. официальное издание М.: Стандартиформ, 2016. - 23с.
2. Карепов, В.А. Надежность горных машин и оборудования [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. А. Карепов, Е. В. Безверхая, В. Т. Чесноков. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 134 с.
3. Максаров, В.В. Машины и оборудование [Электронный ресурс]: учебник / В. В. Максаров, А. В. Михайлов, С. Л. Иванов. - СПб. : Горн. ун-т, 2015. - 385 с

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Общие сведения.....	4
2. Реферативная форма самостоятельной работы .....	11
2.1. Структура и содержание реферата .....	12
2.2. Примерные темы рефератов.....	13
2.3. Оформление реферата.....	15
Рекомендуемый библиографический список.....	18

# **ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *А.В. Михайлов, С.Л. Иванов, В.И. Князькина, К.А. Сафрончук*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *А.В. Михайлов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 27.03.2020. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл.кр.-отг. 1,0. Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 75 экз. Заказ 260. С 57.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2