

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра физики неравновесных процессов, метрологии и экологии
им. И.Л. Повха



УТВЕРЖДАЮ

проректор

А.А. Машаров

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Укрупненная группа направлений
подготовки
Программа высшего образования
Направление подготовки
Магистерская программа
Квалификация
Форма обучения

27.00.00 Управление в технических
системах
Программа магистратуры
27.04.01 Стандартизация и метрология
Испытания и сертификация
Магистр
Очная, заочная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Надежность технических систем» для обучающихся по направлению подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология, магистерской программы «Испытания и сертификация», составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11 августа 2020 г. № 943, Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 г. № 245 (с изменениями и дополнениями), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчики:

старший преподаватель кафедры физики
неравновесных процессов метрологии и экологии
им. И.Л. Повха



А.Ю. Собко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры физики
неравновесных процессов метрологии и экологии им. И.Л. Повха
Протокол от 26.03.2024 г. № 17

Заведующий кафедрой



П.В. Асланов

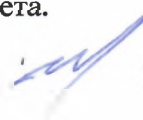
СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.



С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.
Протокол от 27.03.2024 г. № 2.
Председатель



В.Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
доц., канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.
26.03.2024 г.



П.В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

Высшая математика, Обеспечение производственной безопасности

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Управление процессами метрологической деятельности

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	27.04.01 Стандартизация и метрология (Магистерская программа: испытания и сертификация)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.1.2 Надежность технических систем
Часть образовательной программы	Дисциплина по выбору
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	2	14	–	28	66	108	экзамен
Заочная	2	3	3	-	5	100	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение обучающимися теоретических знаний и практических навыков в области функционирования технических систем и влияния факторов, обеспечивающих их надежность, ознакомление будущих специалистов с современным состоянием науки о надежности сложных технических систем, влиянии надежности технических объектов, сложных технических систем на безопасность их эксплуатации, с методами оценки уровня эксплуатационной надежности и техногенного риска и формирование компетенций в соответствии с учебным планом для направления подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И
ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
<p style="text-align: center;">ПК-7 Способен использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности, определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.</p>	<p style="text-align: center;">ПК-7.1 Формулирует задачи по техническому обслуживанию процессов и оборудования для повышения надежности и снижения степени риска</p>	<p>ПК-7.1.1 Знать: основные понятия теории вероятности применительно к оценке техногенного риска; методику построения моделей технических систем с учётом негативных последствий; теорию прогнозирования последствий аварий и катастроф; основные критерии оценки работоспособности и надежности технических систем</p> <p>ПК-7.1.2 Уметь: анализировать последствия и критичность отказов систем; формулировать требования к моделям технических систем с учетом их безопасной эксплуатации</p> <p>ПК-7.1.3 Владеть: методикой анализа последствий отказа технических систем; навыками моделирования технологических процессов с использованием конкретной техники</p>
	<p style="text-align: center;">ПК-7.2 Оценивает надежность производственных систем стандартными количественными методами</p>	<p>ПК-7.2.1 Знать: методы построения деревьев событий и отказов проектируемой техники; методологию комплексной оценки надежности технической системы</p> <p>ПК-7.2.2 Уметь: определять параметры критериев надежности; строить деревья событий и отказов систем; разрабатывать комплекс мер по обеспечению надежности проектируемой техники</p> <p>ПК-7.2.3 Владеть: навыками расчета элементов технологического оборудования по критериям работоспособности; методологией разработки мероприятий по обеспечению безопасности работы проектируемых технических систем</p>

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Темы	Вопросы темы
1. Основы теории расчета надежности технических систем.	Основные понятия теории надежности. Предварительные замечания. Объект, элемент, система. Состояние объекта. Переход объекта в различные состояния. Временные характеристики объекта. Определение надежности. Показатели безотказности и ремонтпригодности. Показатели долговечности и сохраняемости. Виды надежности. Методы расчета надежности
2. Характеристики отказов	Виды отказов и причинные связи. Количественные характеристики надежности. Критерии надежности невосстанавливаемых объектов, восстанавливаемых объектов. Теоретические законы распределения отказов. Основные законы распределения, используемые в теории надежности. О выборе закона распределения отказов при расчете надежности. Резервирование
3. Оценка надежности человека как звена сложной технической системы.	Причины совершения ошибок. Методология прогнозирования ошибок. Принципы формирования баз об ошибках человека. Организация и проведение экспертизы технических систем. Причины, задачи и содержание экспертизы. Организация экспертизы. Подбор экспертов. Экспертные оценки. Опрос экспертов. Оценка согласованности суждений экспертов. Групповая оценка и выбор предпочтительного решения.
4. Инженерные методы исследования безопасности технических систем	Понятие и методология качественного и количественного анализов опасностей и выявления отказов систем. Порядок определения причин отказов и нахождения аварийного события при анализе состояния системы. Предварительный анализ опасностей. Метод анализа опасности и работоспособности. Методы проверочного листа и «Что будет, если ...?» Анализ вида и последствий отказа. Анализ вида, последствий и критичности отказа. Дерево отказов. Методика построения дерева отказов. Дерево событий. Дерево решений
5. Мероприятия, методы и средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.	Стадия проектирования технических систем. Стадия изготовления технических систем. Стадия эксплуатации технических систем. Техническая поддержка и обеспечение. Технические средства обеспечения надежности и безопасности технических систем. Средства предупреждения отказов. Средства контроля. Средства защиты. Организационно-управленческие мероприятия: техническое обслуживание, ремонтные работы и инспектирование; управление изменениями в технологическом процессе; обучение; диагностика нарушений и аварийных ситуаций в технических системах; алгоритм обеспечения эксплуатационной надежности тех. систем.
6. Правовые аспекты анализа риска и управления промышленной безопасностью	Классификация промышленных объектов по степени опасности. Оценка опасности промышленного объекта. Декларация безопасности опасного промышленного объекта. Требования к размещению промышленного объекта. Система лицензирования. Экспертиза промышленной безопасности.
7. Основные положения теории риска.	Понятие риска. Риск как количественная мера опасности. Опасность. Риск. Классификация рисков. Трактовки риска как количественной меры опасности. Предприятие, как объект

Темы	Вопросы темы
	повышенной опасности. Нормальное и пораженное состояния предприятия. Аварийная ситуация. Стадии развития аварии. Статистика аварий и катастроф. Вероятность безопасной работы. Вероятность аварии
8. Анализ, оценка и управление риском	Анализ, оценка и управление риском: понятие и место в обеспечении безопасности технических систем. Основы методологии анализа и управления риском. Прогнозирование техногенного риска. Методы анализа техногенного риска. Последовательность прогноза техногенного риска. Роль внешних факторов, воздействующих на формирование отказов технических систем. Общие замечания. Классификация внешних воздействующих факторов. Воздействие температуры. Воздействие солнечной радиации. Воздействие влажности. Воздействие атмосферного давления. Воздействие ветра и гололеда. Воздействие примесей воздуха. Воздействие биологических факторов. Старение материалов. Факторы нагрузки.
9. Классификация и номенклатура потенциально опасных объектов, в основу которой может быть положена градация по характеру возможных чрезвычайных ситуаций	Опасности последовательности событий, исходы аварий и их последствия. Технологические опасности. Иницирующие события. Промежуточные события, способствующие эскалации аварии. Промежуточные события, способствующие снижению риска. Исходы аварий.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 2

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Основы теории расчета надежности технических систем.	1	-	0	6	7
2. Характеристики отказов	1	-	0	6	7
3. Оценка надежности человека как звена сложной технической системы.	1	-	0	6	7
4. Инженерные методы исследования безопасности технических систем	2	-	4	8	14
5. Мероприятия, методы и средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.	2	-	4	8	14
6. Правовые аспекты анализа риска и управления промышленной безопасностью	2	-	4	8	14
7. Основные положения теории риска.	2	-	4	8	14
8. Анализ, оценка и управление риском	2	-	6	8	16
9. Классификация и номенклатура потенциально опасных объектов.	1	-	6	8	15
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	14	-	28	66	108

6.2. Форма обучения – заочная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Основы теории расчета надежности технических систем.	0,3	-	0	10	10,3
2. Характеристики отказов	0,3	-	0	10	10,3
3. Оценка надежности человека как звена сложной технической системы.	0,3	-	0	10	10,3
4. Инженерные методы исследования безопасности технических систем	0,3	-	0,5	10	10,8
5. Мероприятия, методы и средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.	0,4	-	0,5	12	12,9
6. Правовые аспекты анализа риска и управления промышленной безопасностью	0,3	-	1	12	13,3
7. Основные положения теории риска.	0,4	-	1	12	13,4
8. Анализ, оценка и управление риском	0,4		1	12	13,4
9. Классификация и номенклатура потенциально опасных объектов	0,3		1	12	13,3
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	3	-	5	100	108

7. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название занятия	Количество часов
1	Определение количественных характеристик надежности технической системы	4
2	Расчёт комплексных показателей надежности	4
3	Применение метода блок-схем для оценки безотказной работы элементов технических объектов	4
4	Оценка надежности объекта на основе математической модели	4
5	Анализ возникновения аварий с использованием методики построения дерева отказов	6
6	Исследование долговечности технических объектов	6
	ВСЕГО	28

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1 Контрольные вопросы

1. Показатели надежности, законы распределений, математические зависимости.
2. Основные понятия надежности технических систем.
3. Показатели надежности технических систем.
4. Математические зависимости для оценки надежности.
5. Функциональные зависимости надежности.

6. Законы распределения случайной величины (нормальный, логарифмическое нормальное, Вейбулла, гамма, экспоненциальное, Пуассона).
7. Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых систем.
8. Причины потери работоспособности технического объекта.
9. Физика отказов.
10. Законы состояния.
11. Множественные отказы.
12. Основные характеристики надежности элементов и систем.
13. Показатели надежности невосстанавливаемого элемента.
14. Показатели надежности восстанавливаемого элемента.
15. Показатели надежности системы, состоящей из независимых элементов.
16. Расчет показателей надежности технических систем.
17. Выбор, обоснование и нормирование показателей надежности.
18. Обеспечения надежности технических систем.
19. Структурные модели надежности сложных систем.
20. Структурная схема надежности системы с последовательным соединением элементов.
21. Структурные схемы надежности систем с параллельным соединением элементов.
22. Структурные схемы надежности систем с другими видами соединения элементов.
23. Методы обеспечения надежности технических систем, структурное резервирование.
24. Определение риска воздействия опасных факторов пожара.
25. Классификация видов риска и методы его анализа.
26. Понятие риска.
27. Классификация видов риска.
28. Методология анализа и оценки риска.
29. Качественные методы анализа риска.
30. Количественная оценка риска.
31. Оценка риска.
32. Логико-графические методы анализа надежности и риска, определения и символы, используемые при построении дерева.
33. Безопасность технических систем.
34. Анализ техногенного риска.
35. Построение «дерева событий».
36. Оценка ущерба от аварий на технических объектах.
37. Построение дерева отказов и процедура его анализа.
38. Качественная и количественная оценка дерева отказов.
39. Дерево с повторяющимися событиями.
40. Вероятностная оценка дерева отказов.
41. Управление риском
42. Критерии приемлемого риска.
43. Механизм определения последствий аварий.
44. Система управления техногенными рисками на предприятии.
45. Вероятностные показатели в структуре оценки риска.
46. Экологический риск от техногенных аварий.
47. Критерии оценки экологических последствий.

9. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний, обучающихся по дисциплине, проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное

и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-9	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Практические работы	30
	Подготовка и защита реферата	20
ИТОГО		60
Итоговой контроль (экзамен)		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке			
Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования...
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачет проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается

с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4-м учебном корпусе (г. Донецк, пр. Театральный, д. 13). Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для обучающихся, рабочее место преподавателя. Выход в Интернет проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, материально-техническая база учебных лабораторий кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха (ауд. 232, 260).

При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

12. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

12.1 Основная литература

1. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание: Математический подход / Ф. Байхельт, П.Франкен. – М. : Радио и связь, 1988. – 392 с.
2. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 506 с.
3. Ветошкин, А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. – Пенза : ПГУАиС, 2003. – 154 с.
4. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М. : Наука, 1965. – 524 с.
5. Гуськов, А.В. Надежность технических систем и техногенный риск / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2007. – 427 с.
6. .Переездчиков, И.В. Надежность технических систем и техногенный риск : в 2 ч. Ч. 1. Управление риском системы «человек – машина – среда» / И.В. Переездчиков, О.В. Крышевич. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 47 с.
7. Половко, А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург,

12.2 Дополнительная литература

1. Решетов, Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Высш. шк., 1988. – 238 с.
2. Статистико-вероятностная оценка прочностной надежности элементов механических систем : метод. указания / сост. А.Б. Колобов. – Иваново : Изд-во ИГЭУ. – 40 с.
3. Теория вероятностей в моделях расчета надежности и задачах диагностики технического состояния : метод. указания / сост. А.Б. Колобов. – Иваново : Изд-во ИГЭУ. – 40 с.
4. Ястребенецкий, М.А. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами / М.А. Ястребенецкий, Г.М. Иванова. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.

13. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

14. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).