

## Научная статья

УДК 519.248

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-1-35-43

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ РИСКА КАК НЕОБХОДИМЫЙ ИНСТРУМЕНТ  
ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ  
В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Азизян Инара Артушовна

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета

\*для корреспонденции: inara\_azizyan@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

30 декабря 2021 г.

Одобрена после

рецензирования:

30 января 2022 г.

Принята к публикации:

25 февраля 2022 г.

**Ключевые слова:**

функция риска, контроль,  
диагностика,  
профессиональные  
компетенции.

**Аннотация.**

**Актуальность работы:** современные технологии выводят проблему надежности на новый уровень, который требует глубокого изучения вопросов надежности в подготовке специалистов в области машиностроения.

**Цель работы:** обосновать значимость оценки функции риска в вопросах контроля и диагностики систем в области машиностроения в контексте формирования профессиональных компетенций выпускника технического вуза.

**Методы исследования:** анализ функции риска проводится в ходе решения частных задач теории надежности на изучение и оценку основных показателей критериев надежности (с учетом резервирования и кратности резервирования, возможности восстановления, структурных особенностей системы и т.д.). Ключевым вопросом рассматривается практическая значимость функции риска в вопросах диагностики технической системы. В данной работе представлены основные формы взаимодействия преподавателя со студентами по вопросам формирования умений в вопросах контроля и диагностики технических систем: практические занятия, лабораторные работы, курсовое проектирование, проектная деятельность.

**Результаты:** Представлены основные элементы учебного процесса в вузе, в ходе которых можно провести реализацию поставленной проблемы. Рассмотрены частные задачи надежности, которые позволяют исследовать функцию риска. Понимание проблемы риска и применение студентами знаний, умений и навыков, приобретенных при изучении основ теории надежности и других предметов на интеграционной основе, является важным фактором на этапе контроля и диагностики технических систем.

**Для цитирования:** Азизян И.А. Исследование функции риска как необходимый инструмент диагностики и контроля функционирования систем в области машиностроения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 1 (149). С. 35-43. doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-35-43

Современное высшее образование во главу учебного процесса ставит компетентностный подход, который базируется на принципе развития профессиональных качеств будущего выпускника.

Целью нашей работы является повышение результативности учебного процесса в деле формирования профессиональных компетенций студентов Рязанского политехнического

института направления подготовки «Технология машиностроения». Вопросы диагностики и контроля функционирования систем в области машиностроения в техническом вузе рассматриваются на основе многих специальных дисциплин в соответствии с направлением подготовки. В данной работе рассматриваются средства теории надежности.

Теория надежности является одной из базовых дисциплин всех направлений инженерно-технического образования, реализуя методы контроля и диагностики на всех стадиях жизненного цикла технических устройств для достижения максимальной эффективности. Можно выделить несколько этапов в развитии области надежности. Вопросы надежности в контексте механических систем обозначены в работах Н.Ф. Хоциалова и Г. Майера, статистические методы строительной механики представлены Н.С. Стрелецким и А.Р. Ржаницыным [1], оценку надежности с учетом числа зафиксированных отказов и других критериев надежности можно найти в работах А.М. Половко, А.М. Берга и других [2]. Г.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, Д. Нейман и А. Пирс большое внимание уделяли математическим основам надежности [3, 4], оценка надежности с учетом внутренних факторов и влияния окружающей среды представлена во многих работах специалистов теории надежности, например, С. Прошана, В.В. Болотина [5, 6].

Современные технологии выводят проблему надежности на новый уровень, который требует глубокого изучения вопросов надежности в подготовке специалистов в области машиностроения: необходимо учебный процесс направить на получение знаний и навыков, необходимых для контроля и диагностики технического состояния систем в процессе оценочных работ и изготовления, монтажа и эксплуатации. Изучение систем, методов и средств контроля и диагностики оборудования необходимо рассматривать как учебную задачу.

Несомненно, существует много важных вопросов, которые должны быть детально изучены в контексте контроля и диагностики систем в отрасли машиностроения. В данной работе представлены вопросы исследования надежности технических систем и диагностики в рамках учебной деятельности при изучении функции риска на основе математических основ теории надежности.

Важной составляющей профессиональной компетенции выпускника технического вуза в вопросах контроля и диагностики является способность оценки, анализа и управления рисками, обобщения опыта исследований риска, внедрения инновационных подходов, разработке локальных показателей допустимого (приемлемого) риска на этапе диагностики, исследования риска в связи с надежностью технических систем, то есть вероятности отказа технических устройств с последствиями определенного уровня за определенный период функционирования опасного производственного объекта.

Практика преподавания показывает, что теория надежности является одной из самых трудных для изучения дисциплин. Она требует от студентов технического вуза глубоких знаний математики и физики, теории вероятностей и математической статистики, твердого освоения предметной области, в которой решаются задачи надежности и, конечно, владения компьютерными технологиями решения задач. Для окончательного расчета надежности технической системы необходимо понимать и конструировать выражения на математическом языке в соответствии с его нормами [7].

Вопросы надежности систем в области машиностроения в целом, диагностики и контроля, в частности, исследование функции риска, математические расчеты показателей надежности систем разной структуры при различных законах распределения отказов и восстановлений, особенности критериев надежности, свойства и эффективность различных методов повышения надежности целесообразнее изучать путем:

- исследования в проектной деятельности;
- в рамках курсового проектирования;
- выполнения лабораторных работ;
- решения расчетных задач при проведении практических занятий.

Проектная деятельность, реализуемая в высшем учебном заведении, ориентирована на выработку самостоятельных исследовательских умений студентов, способствующих развитию творческих способностей и логического мышления, формированию функциональной грамотности, способностью применения полученных теоретических знаний к решению конкретных практических задач. Основные составляющие проектной деятельности: анализ

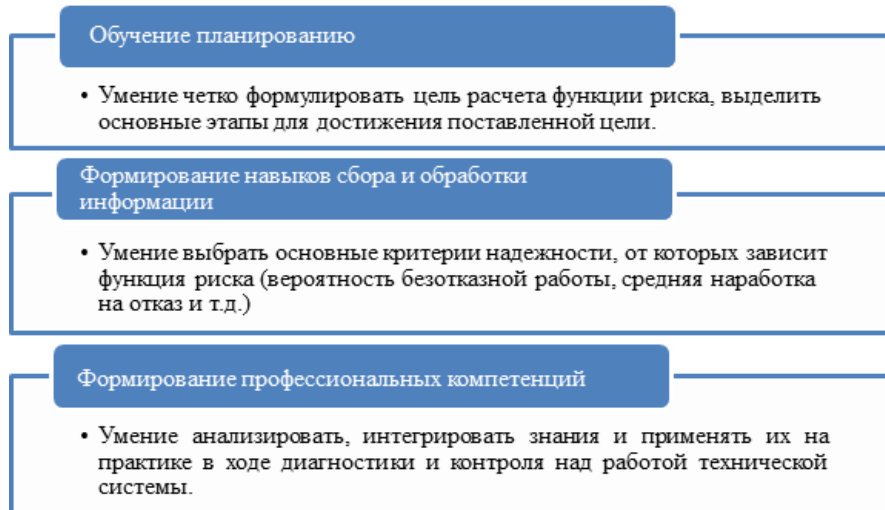


Рис. 1. Задачи проектной деятельности  
Fig. 1. Tasks of project activity

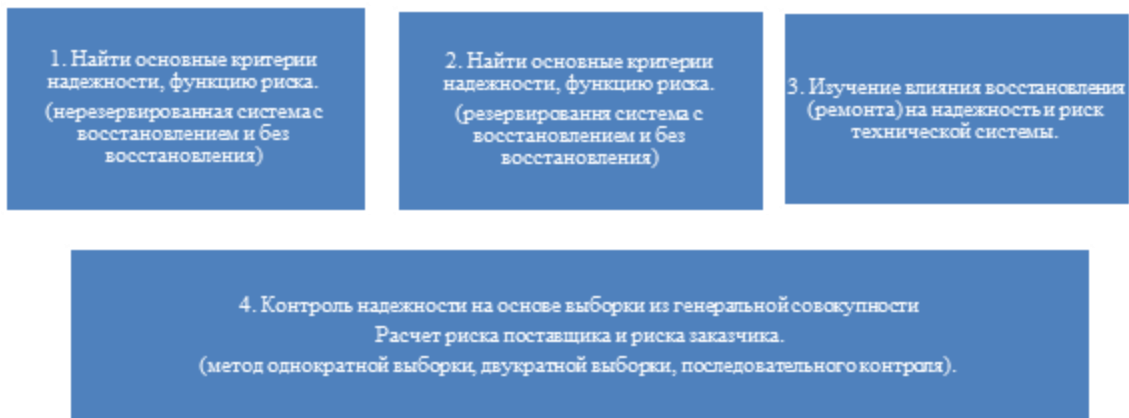


Рис. 2. Задачи диагностики системы с учетом функции риска  
Fig. 2. Tasks of system diagnostics taking into account the risk function

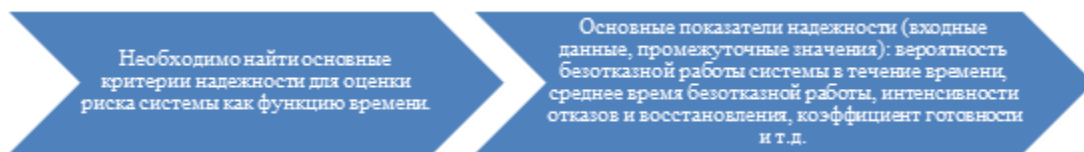


Рис. 3 Пути реализации поставленной цели — оценки риска  
Fig. 3 Ways to achieve the set goal - risk assessment

проблемы; постановка цели; выбор средств ее достижения; поиск и обработка информации, ее анализ и синтез; оценка полученных результатов и выводов.

Понимание проблемы риска в функционировании технической системы и применение студентами знаний, умений и навыков, приобретенных при изучении основ теории надежности и других предметов на интеграционной основе, является основой формирования профессиональных компетенций.

Для расчета функции риска в контексте диагностики и контроля функционирования системы сформулируем задачи проектной деятельности (рис. 1).

Оценка функции риска в рамках диагностики технической системы по заданным показателям надежности и риска в рамках курсового проектирования может включать следующие пункты:

- разработать структурную схему технической системы, отказ которой приводил бы к риску не более заданного;
- определить показатели надежности исходной системы и суммарный риск из-за ее отказа;
- разработать структурную схему системы, риск которой меньше исходной (с наперед заданным коэффициентом), рассматривая разные структурные схемы для получения оптимального результата;
- определить показатели надежности и суммарный риск новой системы;
- произвести оценку с изменением вида резервирования – нагруженный резерв, ненагруженный резерв, недогруженный резерв;
- оценить влияние восстановления на надежность и риск системы (случай ограниченного и неограниченного восстановления);
- определить вероятность безотказной работы и техногенный риск системы.

В качестве исходных данных можно представить схемы систем в виде последовательного соединения (параллельного соединения, мостиковой структуры, схемы «звезда/треугольник» и т.д.). Количественные характеристики надежности – число элементов системы, среднее время безотказной работы элемента, риск из-за отказа определенного элемента, время непрерывной работы системы, коэффициент уменьшения риска в результате повышения надежности системы, среднее время восстановления системы.

По результатам проведенных исследований целесообразно сделать классификацию систем по каким-то критериям (структурная схема, вид восстановления) и их соответствующие показатели надежности и риск системы.

На основании полученных результатов студент сформулирует выводы о целесообразности мероприятий по восстановлению отказавших элементов и способов минимизации последующего риска системы. Например, возможность ремонта элементов приводит к уменьшению кратности резервирования и сокращению объема оборудования, и как следствие, минимизирует отрицательные риски системы.

Вопросы риска в контексте диагностики и контроля функционирования системы также лучше рассматривать на основе программных продуктов в рамках лабораторных занятий. Лабораторные работы носят исследовательский характер, так как студент получает математическую модель системы в смысле ее надежности и исследует ее свойства [8].

В настоящее время доступно много специализированных программ для расчета критериев надежности. Некоторыми из самых известных приложений, которые позволяют выполнить символьные вычисления, являются Mathematica, Maple, Derive. Хотелось бы остановиться на приложении Derive, так как оно является многофункциональным из множества систем символьной математики (наделено большим количеством символьных вычислений, множеством специальных функций, удобством в пользовании. Но не во всех университетских средах можно встретить лицензированную версию и в домашней библиотеке студента это тоже редкость [2], [9].

Исходя из реалистичности и удобства для каждого студента, рассмотрим некоторые возможности табличного процессора Excel в связи с решением задач анализа и синтеза надежности технических систем, исследованием функции риска. Программа Excel позволяет: вычислять значения и исследовать функции, строить графики функций; осуществлять математическое моделирование технических процессов; проводить статистический анализ данных и наглядно их представлять в виде графиков и диаграмм, на которых легко просматривается тенденция к изменению и скорость изменения; выполнять оптимизацию, осуществлять прогнозирование и поддержку принятия решений; использовать встроенные математические и статистические функции и др. Расчеты показателей надежности без помощи ЭВМ, как правило, являются сложными и требуют применения многочисленных таблиц функций и справочников, содержащих значения квантилей стандартных распределений [10].

Рассмотрим ряд частных задач исследования надежности и риска, которые могут быть рассмотрены в ходе учебного процесса при проведении лабораторных работ [11, 12]. Сформулируем задачи диагностики системы с учетом функции риска (рис. 2).

Обобщая работы по теории надежности, для решения поставленных частных задач рассмотрим реальные пути реализации поставленной цели – оценки риска (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	n	10	$\lambda$		1,2	0,8	0,5	1	1,5	0,6	0,09	0,05	1	1,5	
2	T	1000	r		2000	300	8000	1000	1200	50	5000	6000	100	120	
3	R	5000													
4															
5			$\lambda_{\Sigma}$		2400	240	4000	1000	1800	30	450	300	100	180	
6															
7															
8		$\Sigma\lambda$	8,24E-05				T1=	12135,92		Pc(T)=	0,920904				
9										Pc(T1)=	0,367879				
10		$\Sigma\lambda_{\Sigma}$	0,105							Rc(T)=	100,7904				
11										Rc(T1)=	805,4934				
12															

Рис. 4. Значение показателей надежности  
Fig. 4. The value of reliability indicators

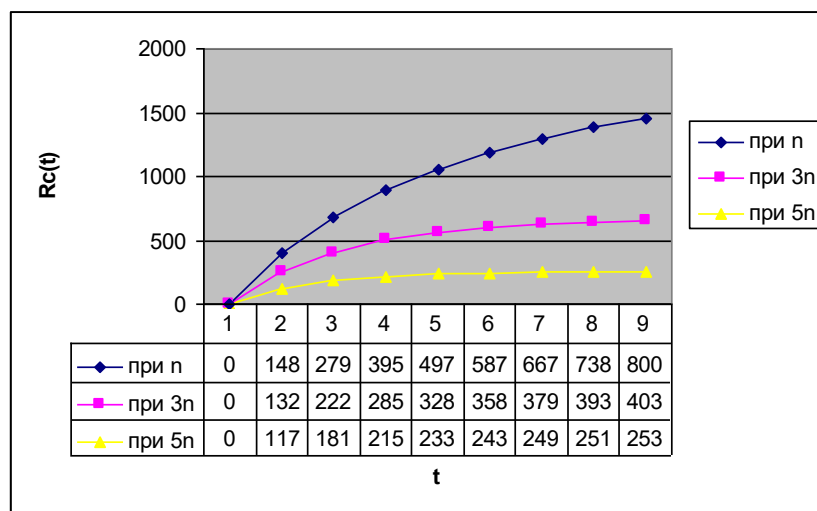


Рис. 5. График функции риска  
Fig. 5. Graph of the risk function

В основе первой частной задачи можно рассмотреть случаи без восстановления и восстановления для нерезервированной и резервированной систем.

Риск системы  $R_c(t)$  ( $R_c(t)^*$  – приближенное значение) можно определить относительно вероятности безотказной работы системы (вероятности отказов) и интенсивности отказов системы  $R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$ . Их зависимость находится следующим образом:  $G_R(t, n) =$

$$\frac{R_c(t)}{R_c^*(t)} = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n(1 - e^{-\lambda t})} [2].$$

С увеличением длительности времени работы системы (если время стремится к бесконечности) погрешность приближенной формулы увеличивается. В качестве исходных данных могут рассматриваться: структурная схема системы в виде основного (последовательного в смысле надежности) соединения элементов; число элементов системы; интенсивность отказа  $i$ -го элемента системы; риск из-за отказа  $i$ -го элемента системы ( $r_i$ );  $R$  – допустимый риск;  $T$  – суммарное время работы системы.

Предположим, что дана система со следующими исходными данными: число элементов системы  $n = 10$ ; время непрерывной работы  $T = 1000$  час; допустимый риск  $R = 5000$  условных единиц (усл. ед.). Расчеты промежуточных значений критериев надежности (на основе Excel) представлены в таблице (рис. 4).

Функция риска в предположении, что все элементы системы равнонадежны, представляется в виде:  $R_c(t) = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n\lambda} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$ .

Зависимость  $R_c(t)$  при различных значениях  $n$  в виде графика дает возможность качественного анализа. Риск возрастает с увеличением времени функционирования системы  $t$ . Так, например, с увеличением с 1500 до 12000 часов риск увеличивается с 150 до 800 условных единиц (рис. 5).

С увеличением времени работы системы техногенный риск функционирования системы увеличивается и при  $t \rightarrow \infty$  стремится к постоянной величине, равной среднему значению риска.

В качестве второй частной задачи в рамках изучения диагностики и контроля системы для последующей эксплуатации можно провести анализ функции риска, исследовать надежность и риск восстанавливаемой резервированной системы.

Основными показателями надежности восстанавливаемых технических систем являются наработка на отказ  $T$ , функция готовности  $K(t)$  и коэффициент готовности  $K_G$ . В общем случае эти показатели зависят от интенсивности отказов и восстановлений элементов системы, времени ее непрерывной работы, вида и кратности резервирования.

Учитывая коэффициент готовности, интенсивность отказов, допустимый риск, риски отдельных элементов, риск системы можно оценить исходя из двойного неравенства

$$K_G t \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \cdot 10^{-4} \leq R(t) \leq t \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \cdot 10^{-4}$$

Риск системы можно считать приближенно равным среднему арифметическому из полученных оценок. Если техногенный риск меньше допустимого, то такая система пригодна для эксплуатации.

В результате выполнения лабораторной работы по исследованию функции риска студент должен уметь представить выводы (отметим некоторые возможные выводы):

- наработка на отказ восстанавливаемой резервированной системы не зависит от восстановления и равна среднему времени безотказной работы аналогичной невосстанавливаемой системы;
- риск восстанавливаемой нерезервированной системы может быть легко получен на основе простых двусторонних оценок, анализируемая система удовлетворяет требованиям риска;
- длительность переходных процессов в системе мала, при времени ее функционирования, равном наработке на отказ, функция и коэффициент готовности совпадают;
- риск высоконадежной системы линейно возрастает со временем, определяется только надежностью техники и практически не зависит от интенсивности ее восстановления.

В основе третьей частной задачи может быть изучение влияния восстановления (ремонта) на надежность и риск технической системы.

Резервирование позволяет значительно повысить надежность технической системы. Однако резервирование приводит к удорожанию техники и ее последующей эксплуатации. В математических моделях можно диагностировать работу системы и спрогнозировать риск выхода из строя с учетом разной кратности резервирования, но на практике можно рассматривать только дублирование. Резервирование замещением дает максимальный выигрыш надежности, но для практической реализации необходимо установить автомат контроля состояния системы и коммутации при отказе работающей системы. Отрицательная сторона данного резервирования – снижение производительности системы ввиду того, что резервные элементы находятся в режиме ожидания до замещения. Оценка функции риска при восстановлении проводится на основе показателей надежности  $T$  и  $K_G$ , которые зависят от числа обслуживающих бригад.

Решение данной задачи позволит студенту оценить эффективность резервирования и восстановления как средств повышения надежности и снижения риска выхода из строя техники.

Функция риска должна быть рассмотрена и в ходе контроля и диагностики надежности при работе со статистическими данными [13, 14]. В практике контроля надежности пользуются одиночным, двойным и последовательными методами. Контроль надежности имеет своей целью проверить гипотезу о том, что надежность (например, партии изделий) находится не ниже установленного уровня. При этом конечным результатом является выбор одного из двух положений: принять партию или забраковать. Так как контроль надежности производится на основе испытаний выборки, то при принятии решений возможны два вида ошибок: а) ошибка

первого рода – когда хорошая партия бракуется (вероятность ошибки первого рода – риск поставщика); б) ошибка второго рода – когда плохая партия принимается (вероятность ошибки второго рода – риск заказчика) [15].

Умение произвести правильную оценку соотношений объема партии, количества дефектных изделий, приемочных и браковочных значений контролируемого параметра позволит студенту минимизировать риск принятия ошибочных решений в ходе учебного процесса при работе с математическими моделями и в профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции, формируемые в процессе изучения теоретической и практической составляющих функции риска в контексте диагностики контроля надежности технической системы, включают в себя широкий комплекс умений и способностей. Формирование данного комплекса опирается на знание будущими инженерами основных понятий, их умение производить вероятностные и статистические расчеты в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, обрабатывать эмпирические и экспериментальные данные с помощью современных компьютерных технологий [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский В. А. Теория надежности. М. : Высш.шк., 2003. 463 с.
2. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. Практикум. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 560 с.
3. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. М. : Наука, 1965. 524 с.
4. Беляев Ю. К. Богатырев В. А., Болотин В. В. Надежность технических систем. М. : Радио и связь, 1985. 608 с.
5. Алон Н. Спенсер Д. Вероятностный метод: учеб. пособие. М. : Бином, 2011. 320 с.
6. Ушаков И. А. Курс теории надежности систем. М. : Дрофа, 2008. 239 с.
7. Азизян И. А., Миронова Е. И. Формирование профессиональных качеств будущих инженеров в области теории надежности в ходе изучения распределения вероятностей // Высшее образование сегодня. 2019. №8. С. 33-38.
8. Николаева Е. А., Николаев А. В. Повышение точности измерений при оказании метрологических услуг с помощью системы управления рисками // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 1(137). С. 5-11.
9. Половко А. М. Derive 5 для студента. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 352 с.
10. Курицкий В. Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel. СПб. : БХВ-Петербург, 2018. 384 с.
11. Азизян И. А., Асаева Т. А. Руководство к выполнению контрольных работ и типовых расчетов. Математические основы теории надежности. Рязань. : Рязанский институт (ф) МГОУ, 2010. 48 с.
12. Азизян И. А., Асаева Т. А. Руководство к выполнению лабораторных работ на ПК по математическим основам теории надежности. Рязань. : Рязанский институт (ф) МГОУ, 2012. 64 с.
13. Колесников Е. Ю., Филиппидис В. Проблемы риск-ориентированного подхода // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18. № 6. С. 84-92.
14. Зайковский В. Э., Карев А. В. Автоматизация процесса управления рисками – важный шаг к цифровизации принятия управленческих решений // Проблемы анализа риска. 2021. Т. 18. № 2. С. 52-59.
15. Письменный Д. Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. М. : Айрис-Пресс, 2007. 288 с.

© 2022 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Об авторах:*

**Азизян Инара Артушовна**, Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета (г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 390000, д. 26/53), кандидат педагогических наук, доцент, inara\_azizyan@mail.ru

*Заявленный вклад авторов:*

Азизян И.А. - постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## Original article

### THE STUDY OF THE RISK FUNCTION AS A NECESSARY TOOL FOR DIAGNOSTICS AND CONTROL OF THE FUNCTIONING OF SYSTEMS IN THE FIELD OF MECHANICAL ENGINEERING

Inara A. Azizyan

Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University

\*for correspondence: inara\_azizyan@mail.ru



#### Article info

Submitted:

31 December 2021

Approved after reviewing:

30 January 2022

Accepted for publication:

25 February 2022

**Keywords:** risk function, control, diagnostics, professional competencies

#### Abstract.

**Relevance of the work:** modern technologies bring the problem of reliability to a new level, which requires in-depth study of reliability issues in the training of specialists in the field of mechanical engineering.

**The purpose of the work:** To substantiate the importance of assessing the risk function in the control and diagnostics of systems in the field of mechanical engineering in the context of the formation of professional competencies of a graduate of a technical university.

**Research methods:** the analysis of the risk function is carried out in the course of solving particular problems of reliability theory to study and evaluate the main indicators of reliability criteria (taking into account redundancy and redundancy multiplicity, the possibility of recovery, structural features of a special system, etc.). The key issue is the practical significance of the risk function in the issues of diagnostics of a technical system. This paper presents the main forms of interaction between the teacher and students on the formation of skills in the control and diagnostics of technical systems: practical classes, laboratory work, course design, project activities.

**Results:** The main elements of the educational process at the university are presented, in which the implementation of the problem can be carried out. Particular reliability problems that allow us to investigate the risk function are considered. Understanding the problem of risk and the application by students of knowledge, skills and abilities acquired while studying the basics of reliability theory and other subjects on an integration basis is an important factor at the stage of control and diagnostics of technical systems.

**For citation** Azizyan I.A. The study of the risk function as a necessary tool for diagnostics and control of the functioning of systems in the field of mechanical engineering. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 1(149):35-43. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-35-43

## REFERENCES

1. Ostreikovskiy V.A. Theory of reliability. M.: Higher School; 2003. 463 p.
2. Polovko A.M., Gurov S.V. Fundamentals of reliability theory. The workshop. St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2006. 560 p.
3. Gnedenko B.V., Belyaev Y.K., Soloviev A.D. Mathematical methods in the theory of reliability. M.: Nauka; 1965.



524 p.

4. Belyaev Y.K., Bogatyrev V.A., Bolotin V.V. Reliability of technical systems. M.: Radio and Communications; 1985. 608 p.
5. Alon N., Spencer D. Probabilistic method: textbook. M.: Binom; 2011. 320 p.
6. Ushakov I.A. Course of the theory of reliability of systems. M.: Drofa; 2008. 239 p.
7. Azizyan I.A., Mironova E.I. Formation of professional qualities of future engineers in the field of reliability theory during the study of probability distribution. *Higher Education Today*. 2019; 8:33-38.
8. Nikolaeva E. A., Nikolaev A.V. Improving the accuracy of measurements in the provision of metrological services using a risk management system. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2020; 1(137):5-11.
9. Polovko A.M. Derive 5 for a student. St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2005. 352 p.
10. Kuritsky V.Y. Search for optimal solutions by means of Excel. St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2018. 384 p.
11. Azizyan I.A., Asayeva T.A. Guidelines for performing control work and standard calculations. Mathematical foundations of reliability theory. Ryazan.: Ryazan Institute (f) MSOU; 2010. 48 p.
12. Azizyan I.A., Asayeva T.A. Guidelines for performing laboratory work on a PC on the mathematical foundations of reliability theory. Ryazan.: Ryazan Institute (f) MSOU; 2012. 64 p.
13. Kolesnikov E.Y., Filippidis V. Problems of risk-oriented approach. *Problems of risk analysis*. 2021; 18(6):84-92.
14. Zaikovskiy V.E., Karev A.V. Automation of the risk management process is an important step towards digitalization of managerial decision-making. *Problems of risk analysis*. 2021; 18(2):52-59.
15. Pismenny D.T. Lecture notes on probability theory, mathematical statistics and random processes. Moscow: Iris Press; 2007. 288 p.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

**Inara A. Azizyan**, Associate Professor, Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University, (Ryazan, Pravo-Lybedskaya str., 390000, 26/53), C. Sc. in Pedagogy Associate Professor, [svyu.pmh@kuzstu.ru](mailto:svyu.pmh@kuzstu.ru)

*Contribution of the authors:*

Inara A. Azizyan - research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

*All authors have read and approved the final manuscript.*