

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. И. РАЗЗАКОВА

ISSN 1694-5557

ИЗВЕСТИЯ

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2018

№2 (46)

Бишкек

Издательский центр «Техник» 2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- М.Дж. Джаманбаев* - доктор физико-математических наук, профессор; ректор КГТУ им.И.Раззакова, главный редактор
- Р.М. Султаналиева* - доктор физико-математических наук, профессор; проректор по НРиВС КГТУ им.И.Раззакова, заместитель главного редактора
- Р.Н. Аскарбеков* - кандидат физико-математических наук, доцент, ответственный секретарь
- К.А. Абдымаликов* - доктор экономических наук, профессор;
- А.А. Акматкулов* - доктор педагогических наук, профессор;
- А.А. Акунов* - доктор исторических наук, профессор;
- М.З. Алмаматов* - доктор технических наук, профессор
- М.Б. Баткибекова* - доктор химических наук, профессор;
- У.Н. Бримкулов* - доктор технических наук, профессор, чл.-корр. НАН КР;
- И.В. Бочкарев* - доктор технических наук, профессор;
- Ж.И. Батырканов* - доктор технических наук, профессор;
- У.Р. Даалатов* - доктор технических наук, профессор;
- Б.О. Джолдошев* - доктор технических наук, профессор;
- М.С. Джуматаев* - доктор технических наук, профессор, академик НАН КР;
- Т.Б. Дуйшеналиев* - доктор физико-математических наук, профессор;
- Т.Ш. Джунушалиева* - доктор химических наук, профессор;
- Т.А. Джунуев* - доктор технических наук, профессор;
- А.Ж. Жайнаков* - доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН КР;
- К.Ж. Жумабаев* - доктор экономических наук, профессор;
- К.М. Иванов* - доктор технических наук, профессор (Россия)
- А.С. Иманкулова* - доктор технических наук, профессор;
- Г.Дж. Кабаева* - доктор физико-математических наук, профессор;
- К.Ч. Кожогулов* - доктор технических наук, чл.-корр. НАН КР;
- Т.Ы. Маткеримов* - доктор технических наук, профессор;
- М.М. Мусульманова* - доктор технических наук, профессор
- К.О. Осмонбетов* - доктор геолого-минералогических наук, профессор;
- Н.Д. Рогалев* - доктор технических наук, профессор (Россия);
- А.Т. Татыбеков* - доктор технических наук, профессор;
- Ж.Ж. Тургумбаев* - доктор технических наук, профессор;
- А.Н. Тюреходжаев* - доктор физико-математических наук, профессор (Казахстан);
- Д.В. Янко* - доктор технических наук, профессор.

Журнал выходит ежеквартально.

Все материалы, поступающие в редколлегию журнала, проходят независимое рецензирование.

СОДЕРЖАНИЕ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«РОЛЬ И МЕСТО МАШИНОСТРОЕНИЯ В РАЗВИТИИ ПРИОРИТЕТНЫХ
ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ», ПОСВЯЩЕННОЙ
60-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

1	<i>Абышев О.А., Омуралиев У.К., Яблочников Е.И.</i> Разработка системы принятия решений, на основе данных мониторинга технологического оборудования.....	15
2	<i>Адигамов Н.С., Дьяченко Е.И.</i> Управление риском и принятие решений при расчёте конструкций на надёжность.....	23
3	<i>Дуйшеналиев Т.Б., Аскарбеков Р.Н.</i> Моделирование деформаций резинометаллических опор.....	28
4	<i>Дуйшеналиев Т.Б., Дуйшембиев А.С.,</i> Градиенты перемещения в координатах Лагранжа и Эйлера.....	36
5	<i>Жумалиев Ж. М., Сопоев М.К., Осмонов Т. М.</i> Разработка технологии плазменной резки металлов на базе установки АПР-404.	40
6	<i>Киприянов К.В., Падун Б.С.</i> Производственная киберфизическая система изготовления оптических изделий.	49
7	<i>Мамбеталиев Т.С., Дыйканбаева У.М.</i> Литейная лаборатория кафедры «Технологии машиностроения»: настоящее и будущее.....	58
8	<i>Мамбеталиев Т.С.</i> Системный анализ уплотнения литейных форм и стержней.....	66
9	<i>Орузбаева Г.Т.</i> Исследование твердости древней керамики Кыргызстана.....	73
10	<i>Рагзин Н.А., Айнабекова А.А., Дыйканбаева У.М.</i> Разработка и обоснование закономерностей повышения показателей качества отверстий, обработанных сверлением.....	77
11	<i>Рычков Б.А.</i> О критерии прочности горных пород.....	89
12	<i>Сарымсаков Б.А., Байжигитов Э., Исакбеков Н.А.</i> Разработка организационно-технических мероприятий для повышения безопасности дорожного движения.....	94
13	<i>Тимофеева О.С., Дроздов А.Г., Яблочников Е.И.</i> Цифровая подготовка литейного производства.....	100
14	<i>Трегубов А.В., Карпушесич З.Г.</i> Основные параметры дискового алмазного инструмента, влияющие на производительность резания природного камня.	108
15	<i>Трегубов А.В., Карпушесич З.Г., Абышев О.А.</i> Разработка стенда для автоматического регулирования режимов работы камнеобрабатывающего станка.....	113
16	<i>Усубалимов Р.Н., Сартаев Т.Э., Оморова А. И.</i> О математических моделях производительности технологических машин.....	120

программного продукта на базе предложенного проекта, так и дальнейших научных исследований в области бизнес-аналитики, а также управления и организации процессов цифровой трансформации отечественных производств. Использование предлагаемого проекта СИПР позволит обеспечить рост показателей качества и эффективности результатов принимаемых решений, а также достижения высокой результативности в рамках поставленных задач.

Список используемой литературы

1. Kelly K. New Rules for the New Economy: 10 radical strategies for a connected world / K. Kelly. – New York: Viking, 1998. – 224 p.
2. Кунцман А.А. Трансформация внутренней и внешней среды бизнеса в условиях цифровой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=4131, дата обращения: 14.12.2016.
3. Алексеев И.В. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития электронного взаимодействия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://interactive-rus.ru/ru/article/116328/discussion_platform, дата обращения - 14.12.2016.
4. О Программе цифровой трансформации Кыргызской Республики «Таза Коом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tazakoom.kg/site/concept/4>, дата обращения - 14.12.2016.
5. Klaus Schwab the Fourth Industrial Revolution. – World Economic Forum, 2016. – 184 с.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. – N-Y: HarperCollins. – 332 с.
7. Коккинз Г. Управление результативностью: Как преоболеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Гери Коккинз; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнесбукс, 2016. – 316 с.
8. О. И. Ларичев. Наука и искусство принятия решений, - Москва: Издательство "Наука", 1979.
9. О. И. Ларичев. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в зарубежных странах, Учебник, - м.: Издательство "Логос", 2000.
10. Системы поддержки принятия решений, сайт TAdviser, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.tadviser.ru/index.php/Decision_Support_Systems_DSS, дата обращения - 06.03.18.
11. Экономический сайт, руководство для экономистов, [Электронный ресурс], URL: <http://www.catback.ru/articles/theory/manage/decision.htm>, дата обращения - 06.03.18.
12. Энциклопедия АСУ ТП, [Электронный ресурс], URL-адрес: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx, дата обращения - 02.03.2018.
13. Н.М. Абдикеев. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.Д. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – 2-е изд., испр. – М.: Эксмо, 2007. – 592 с.

УДК 539.379:519.632.4

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСЧЁТЕ КОНСТРУКЦИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ

Абдыгамов Николай Сабирович, д.ф.-м.н., профессор, КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, Кыргызстан, e-mail: nikadigamov@mail.ru

Дяченко Евгений Игоревич, студент магистратуры каф. физики и микроэлектроники КРСУ им. Б.Н. Ельцина Бишкек, Кыргызстан, e-mail: Diachienko1995@mail.ru

Аннотация. В работе иллюстрируется применение основ теории надежности и их использование в практике проектирования приборов, машин и конструкций. Оказывается, как правило, для учета изменчивости входящих параметров в реальных условиях случайными возмущениями пренебрегать нельзя [1-6].

Ключевые слова: напряжения, деформации, надежность, предел текучести, числовые характеристики случайных величин.

MANAGEMENT BY RISK AND MAKING DECISION AT CALCULATION OF CONSTRUCTIONS ON RELIABILITY

Adigamov Nikolay Sabirovich, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor, The Department of "Mechanics", Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: nikadigamov@mail.ru;

Diachienko Evgeniy Igorevich, student of city council, The Department of "Physics and microelectronics", Kyrgyz-Russian Slavic University named after B. N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: Diachienko1995@mail.ru

Abstract. The paper illustrates the application of the foundations of the theory of reliability and their use in the design practice of machines and structures. It appears, as a rule, for accounting of variability of the entering parameters in actual practice casual indignations it is impossible to neglect [1-6].

Keywords: tensions; deformations reliability limit of fluidity numerical descriptions of casual sizes.

Введение

Для более глубокого понимания физических особенностей работы проектируемых приборов, машин и конструкций в реальных условиях необходимо увеличение точности расчетов [1-6].

Было установлено, что классические детерминированные возмущения не являются основными. Это приводит к тому, что границы между закономерностью и случайностью не остаются неизменными, а меняются по мере развития познания. При большом числе наблюдений данного явления в самих случайных отклонениях наблюдаются некоторые закономерности, которые можно изучить и использовать для учета влияния случайных отклонений на течение исследуемых явлений.

Одно из основных достоинств теории вероятностей, которое позволяет ее эффективно использовать в практике проектирования механических конструкций, заключается в том, что она дает возможность количественно оценить такие понятия, как «вероятно», «маловероятно», «большая вероятность» и т.д.

Обратим внимание еще раз на то обстоятельство, что по условию сами по себе вероятности безотказной работы системы мало полезны. Например, если $P = 0,9$, то трудно сказать, хорошо или это плохо [6], но если проводятся расчеты для двух вариантов материалов с учетом вероятностных свойств их механических характеристик и оказывается, что вероятность безотказной работы соответственно равна 0,9 и 0,95, то можно утверждать, что конструкция с вероятностью безотказной работы 0,95 будет лучше. Таким образом, учет случайных разбросов приводит к качественно другим оценкам «прочности», что позволяет проектировать более рациональные приборы, машины и конструкции, обладающие большей надежностью, долговечностью и ресурсом.

Материалы и методы

В рамках такого подхода классические методы расчета становятся неприемлемыми, и для получения численных результатов надо использовать вероятностные методы.

Прежде чем перейти к изложению методов оценки «прочности» конструкций в вероятностной постановке, вкратце напомним традиционные расчеты в детерминированной постановке. К таким методам относятся: метод расчета по предельным состояниям (возникновение пластических деформаций, устойчивость) и метод расчета по допускаемым нагрузкам [5, 6].

В методе расчета по предельным состояниям максимальная действующая нагрузка (точнее, напряженно-деформированное состояние, вызванное этой нагрузкой) сравнивается с нагрузкой, соответствующей предельному состоянию, которое определяет несущую способность конструкции. Несущая способность конструкции – наступление предельного напряженно-деформированного состояния, которое соответствует потере работоспособности конструкции или ее разрушению. Методы расчета по предельным состояниям позволяют наиболее полно использовать несущую способность конструкции.

В методе расчета по допускаемым напряжениям вводится понятие коэффициента безопасности, и допускаемое напряжение $\sigma_{\text{доп}}$ предполагается равным

$$\sigma_{\text{доп}} = [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пр}}}{n}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пр}}$ – предельное напряжение (предел текучести для пластичных материалов, предел прочности для хрупких материалов, критическое напряжение, соответствующее потере статической устойчивости);

n – коэффициент безопасности.

Традиционные методы расчета (как при расчете по предельным состояниям, так и по допускаемым напряжениям) возможные случайные разбросы в явном виде не учитывают, т.е., не учитывается вероятностный характер предельных состояний конструкции. Поэтому оценивать работоспособность конструкции логичнее не по детерминированным неравенствам, а по вероятности выполнения этих неравенств:

$$P[(S - F) > 0], \quad (2)$$

где под S принято понимать случайную величину, определяющую механические характеристики материала конструкции

$$S = S(\sigma_T, \sigma_b, \mu, E, G),$$

причем σ_T – предел текучести; σ_b – предел прочности, μ – коэффициент Пуассона, E , G – модули упругости соответственно первого и второго рода.

Функция F , входящая в неравенство (2), также является случайной величиной, зависит от напряжений и деформаций и оценивает, главным образом, действительное состояние исследуемого объекта – конструкции.

С общей точки зрения предельные состояния в неравенстве (2) могут быть связаны не только с прочностными свойствами конструкции. Например, рассмотрим систему управления изменения движения объекта. За допускаемую «трубку» траекторий $S = D$, принято понимать некоторую расчетную замкнутую предельную область. Поэтому система управления изменения параметров объекта должна обеспечить выполнение условия (2), где в качестве $F = D(t)$ рассматривается реальная область, внутри которой находится объект в движении [6].

Расчеты

В качестве иллюстрации применения теории надежности в практике проектирования приборов и конструкций рассмотрим взаимосвязанные простейшие примеры. Следуя работе [5], рассмотрим в качестве первого примера статически определимую стальную балку

постоянного поперечного сечения, свободно лежащую на двух опорах и нагруженную вертикальной сосредоточенной силой в середине пролета (алгоритм расчета № 1). Решение этой задачи приведено в работе [5]. В качестве второй расчётной схемы примем следующие изменения в граничных условиях. Исходные данные параметров балки сохраним прежними. Изменим граничные условия: левый конец балки, свободно лежащий на опоре, жестко защемляем. Иными словами, из статически определимой балки мы получаем один раз статически неопределимую систему (алгоритм расчета № 2). Сравнение двух результатов расчета на надежность позволит сделать ряд важных выводов. В частности, расчеты должны проиллюстрировать, что надежность системы второго случая должна быть выше первого случая.

Рассмотрим статически неопределимую стальную балку постоянного поперечного сечения, нагруженную вертикальной сосредоточенной силой в середине пролета (рис. 1)

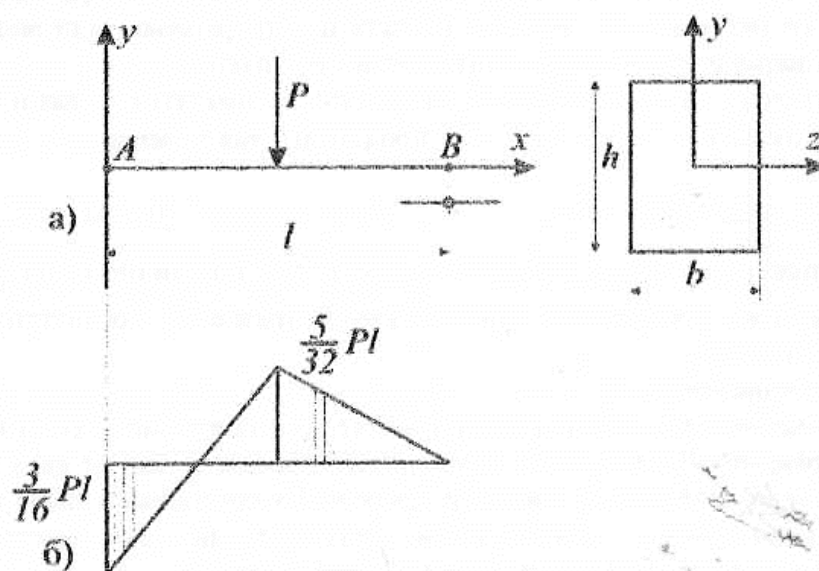


Рисунок 1. Статически неопределимая стальная балка: а) расчетная схема; б) эпюра «М» изгибающих моментов.

Условие прочности при изгибе имеет вид

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_T, \quad (3)$$

где $M_{\max}$ – максимальный изгибающий момент; W_z – момент сопротивления сечения; σ_T – предел текучести стали (переменная, случайная величина с нормальным законом распределения).

В нашем случае максимальное напряжение возникает в защемлении и равно

$$M_{\max} = \frac{3}{16} Pl \quad (4)$$

Момент сопротивления сечения

$$W_z = \frac{bh^2}{6} \quad (5)$$

С учетом (4) и (5) условие прочности стальной балки будет иметь вид

$$\sigma_{\max} = \frac{9Pl}{8bh^2} \leq \sigma_T \quad (6)$$

За отказ в работе конструкции примем появление красной текучести [5]. С учетом (6) функции работоспособности (2) примет вид

$$\xi = P[(S - F) > 0] = P\left[\sigma_T - \frac{9Pl}{8bh^2}\right] \quad (7)$$

Наибольшей изменчивостью, как правило, обладает внешняя нагрузка P и предел текучести стали σ_T , поэтому примем их случайными. В качестве закона распределения этих величин принимаем нормальный закон с соответствующими параметрами (математическим ожиданием и стандартом): для нагрузки – m_P и S_P ; для предела текучести m_σ и S_σ . Геометрические размеры в выражении (7) обладают значительно меньшей изменчивостью по сравнению с P и σ_T , поэтому их случайностью можно пренебречь и принять их детерминированными. Итак, имеем функцию работоспособности ξ , линейно зависящую от случайных величин P и σ_T . Величина ξ также является случайной, и в данном случае из курса теории вероятности следует, что ее распределение подчиняется нормальному закону. Определим математическое ожидание m_ξ и стандарт S_ξ случайной величины ξ . Для этого воспользуемся основными свойствами числовых характеристик функций случайных величин [5].

$$m_\xi = m_\sigma - \frac{9m_P l}{8bh^2}, \quad (8)$$

$$S_\xi = \sqrt{S_\sigma^2 + \left(\frac{9S_P l}{8bh^2}\right)^2}. \quad (9)$$

Зная характеристики распределения случайной величины ξ , можем определить вероятность безотказной работы:

$$H = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right), \quad (10)$$

где $\Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right)$ – интеграл вероятностей Гаусса или функция Лапласа [5].

Соответствующая вероятность отказа

$$R = 1 - H = \frac{1}{2} - \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right), \quad (11)$$

Для рассматриваемой балки примем следующие исходные данные: длина $l=2$ м; ширина сечения $b=0,05$ м; высота сечения $h=0,1$ м. Внешняя случайная нагрузка P , распределенная по нормальному закону, имеет следующие параметры распределения: математическое ожидание $m_P=26$ кН; стандарт распределения $S_P=2,6$ кН. Случайный предел текучести σ_T имеет параметры: математическое ожидание $m_\sigma=2,4 \cdot 10^5$ кН/м²; стандарт распределения $S_\sigma=2,4 \cdot 10^4$ кН/м². Тогда

$$m_\xi = m_\sigma - \frac{9m_P l}{8bh^2} = 2,4 \cdot 10^5 - \frac{9 \cdot 26 \cdot 2}{8 \cdot 0,05 \cdot 0,1^2} = 123000 \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\right),$$

$$S_\xi = \sqrt{S_\sigma^2 + \left(\frac{9S_P l}{8bh^2}\right)^2} = \sqrt{(2,4 \cdot 10^4)^2 + \left(\frac{9 \cdot 26 \cdot 2}{8 \cdot 0,05 \cdot 0,1^2}\right)^2} = 26700 \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}\right)$$

Вероятность безотказной работы

$$H = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{m_\xi}{S_\xi}\right) = \frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{123000}{26700}\right) = \frac{1}{2} + \Phi(4,607) = 0,5 + 0,49999 = 0,99999$$

Приведем данные вероятности безотказной работы первого рассмотренного случая [5]

$$H = 0,9984.$$

Выводы

Таким образом, второй случай будет предпочтительней при эксплуатации. Эпюра распределения изгибающих моментов указывает на то, что данная статически неопределимая балка очень близка к оптимальной. Нормальный закон для соответствующих параметров распределения подразумевает приведенный расчет близким к расчету в детерминированной постановке. При использовании других законов распределения расхождение будет более существенным.

Список литературы

1. Адигамов Н.С. О прогнозировании процессов пластического деформирования материала с учетом эффектов старения. Докл. на II междунар. конф. «Проблемы управления информационными технологиями». Бишкек, 2015. С. 193-196.
2. Адигамов Н.С., Верзунов С.Н., Дьяченко Е.И. Об упругопластическом деформировании материала с учетом эффектов старения. Материалы X Всероссийской конф. по механике деформируемого твердого тела. Самара, СГТУ, 2017. Т. 1. С. 24-26.
3. Адигамов Н.С., Дьяченко Е.И. О приспособляемости конструкций при упругопластическом деформировании с учетом эффектов старения. Вестник КРСУ. Т. 17, № 5. – С. 8-12.
4. Арутюнян Р.А., Адигамов Н.С., Чебанов В.М. О закономерностях упрочнения стареющей пластической среды // Докл. АН СССР, 1987. Т. 294, № 2. С. 307-309. (Представлено академиком В.В. Новожиловым, 1987 г.).
5. Саргсян А.Е., Демченко А.Т., Дворянчиков Н.В., Джингвелашвили Г.А. Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: Учебник. М.: Высш. шк. 2000. – 416 с.
6. Светлицкий В.А. Статистическая механика и теория надежности. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – С. 504.

УДК 539.379:519.632.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР

Дуйшеналиев Т.Б., Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, e-mail: duishenaliev@mail.ru

Аскарбеков Р.Н. Кыргызский Государственный Технический Университет им. И.Раззакова, askarbekovu@gmail.com

Аннотация. Предлагается математическая модель упругого деформирования резинового слоя. Модель основана на новом (неклассическом) решении второй краевой задачи механики деформируемого тела и позволяет описать поведение резинометаллических опор (РМО) при воздействии распределенной или сосредоточенной нагрузки. Приводятся численные значения расчетов напряжено-деформированного состояния резины в составе однослойных и многослойных РМО.

Ключевые слова: краевая задача, тензор деформаций, тензор напряжений, перемещение, нагрузка, резина, резинометаллическая опора.

MODELING OF DEFORMATIONS OF RUBBER-METALLIC SUPPORTS

Duishenaliev T.B., Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, e-mail: duishenaliev@mail.ru

Askarbekov R.N. Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov, e-mail: askarbekovu@gmail.com