

К.С. Заболотный, Е.В. Панченко, А.Л. Жупиев



# **Теория многослойной намотки резинокросового каната**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



К.С. Заболотный

Е.В. Панченко

А.Л. Жупиев

**ТЕОРИЯ  
МНОГОСЛОЙНОЙ НАМОТКИ РЕЗИНОТРОСОВОГО КАНАТА**

Монография

Днепропетровск

НГУ

2011

УДК 622.673.1:621.778.27  
ББК 34.4  
312

Рекомендовано до друку вченою радою ДВНЗ «Національний гірничий університет» (протокол № 7 від 14 червня 2011).

**Рецензенти:**

*І.В. Бельмас, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри обладнання переробних та харчових виробництв Дніпродзержинського державного технічного університету;*

*В.П. Надутий, д-р техн. наук, проф. кафедри гірничих машин та інжинірингу Державного ВНЗ «НГУ», завідувач відділу механіки машин і процесів переробки мінеральної сировини Інституту геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова Національної академії наук України.*

Монографію присвячено уточненню теорії багатошарової намотки гумотросового каната. У результаті проведених досліджень отримано математичні моделі максимальних силових навантажень і деформацій. Дані моделі використовуються в методиці інженерних розрахунків. Удосконалений метод розрахунку силових факторів багатошарової намотки гумотросових канатів та розроблена авторами методика були покладені в основу методичних рекомендацій, застосованих на багатьох вітчизняних підприємствах при виконанні проектних робіт.

Книгу розраховано на студентів, викладачів, інженерно-технічних працівників, науковців та проєктантів, які розробляють нову техніку в галузі важкого машинобудування.

Іл. 74. Табл. 27. Бібліогр.: 100 назв.

**Заболотный К.С.**

312 Теория многослойной намотки резинотросового каната: монография [Текст] / К.С. Заболотный, Е.В. Панченко, А.Л. Жупиев. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 151 с.

ISBN 988–966–350–310–3

Монография посвящена уточнению теории многослойной намотки резинотросового каната. В результате проведенных исследований получены математические модели максимальных силовых нагрузок и деформаций. Данные модели используются в методике инженерных расчетов. Усовершенствованный метод расчета силовых факторов многослойной намотки резинотросовых канатов и разработанная авторами методика были положены в основу методических рекомендаций, которые применяются на многих отечественных предприятиях при выполнении проектных работ.

Книга рассчитана на студентов, преподавателей, инженерно-технических работников, ученых и проєктантов, которые разрабатывают новую технику в области тяжелого машиностроения.

Ил. 74. Табл. 27. Библиогр.: 100 назв.

УДК 622.673.1:621.778.27  
ББК 33.4

ISBN 988–966–350–310–3 © К.С. Заболотный, О.В. Панченко, О.Л. Жупієв, 2011  
© ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

Перечень условных сокращений и обозначений .....	4
Введение .....	7
1. Анализ состояния вопроса.....	10
1.1. Актуальность технической проблемы .....	10
1.2. Обзор известных методов исследования .....	13
2. Метод расчета силовых факторов в витках многослойной намотки резинотросовых канатов бобинных подъемников.....	27
2.1. Выбор основных показателей .....	27
2.2. Определение жесткостных свойств слоя резинотросового каната в многослойной намотке.....	29
2.3. Разработка модели многослойной намотки.....	60
2.4. Определение нагрузок и деформаций.....	69
2.5 Жесткость тела намотки .....	79
3. Определение зависимостей между параметрами многослойной намотки.....	101
3.1. Разработка инженерной методики по выбору проектных параметров бобины с РТК .....	101
3.2. Алгоритм использования инженерной методики .....	120
4. Оценка эффективности инженерной методики при проектировании бобинных подъемников .....	124
4.1. Проект отбора проб черноморского сапропеля .....	124
4.2. Проект бобинного 150-тонного подъемника.....	128
Выводы .....	141
Список использованных источников .....	143

## ВЫВОДЫ

1. В известных моделях напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросового каната бобинных машин продольное сжатие тросов не ограничено, а жесткостные характеристики слоев ленты приняты постоянными в зависимости от их числа. Пренебрежение этими факторами может в 2 – 2,5 раза уменьшить расчетную величину силовых нагрузок, вызвав тем самым разрушение каната, бобины и других элементов шахтной подъемной машины.

2. Усовершенствованный метод расчета силовых факторов включает ряд составляющих по определению перемещения слоя в пакете РТК, коэффициентов поперечной жесткости и расширения, аппроксимирующих полиномов коэффициентов стесненности, нагрузок и деформаций слоев каната.

3. Новизна разработанного метода состоит в том, что математическая модель напряженно-деформированного состояния многослойной намотки РТК дополнительно учитывает два существенных обстоятельства: 1) сжатие троса в продольном направлении ограничено резиновой матрицей; 2) жесткостные характеристики колец резинотросового каната зависят от их общего количества и расположения в намотке.

4. Достоверность предложенного метода базируется на высокой степени близости расчетных значений его основных показателей к тем значениям, которые получены путем измерения в ходе физического эксперимента. Погрешность определения деформации по сравнению с физическим экспериментом оказалось не выше 11 % при ее доверительной вероятности 90 %.

5. Компоненты разработанного метода расчета силовых факторов многослойной намотки резинотросовых канатов легко реализуются на практике в виде программ составленных на языках программирования Mathcad 11 и ANSYS/ED 6.1. Полезность метода заключается в возможности с высокой достоверностью исследовать напряженно-деформированное состояние многослойной намотки резинотросового каната в обобщенном виде, определить закономерности, на основании которых разработать инженерные рекомендации к определению расчетных нагрузок.

6. Результаты научно обоснованного четырехфакторного трехуровневого вычислительного эксперимента по моделированию силовых процессов многослойной намотки каната показывают, что:

- напряженно-деформированное состояние зависит от приведенной толщины слоя, общего количества витков, коэффициентов анизотропии и прочной длины каната;
- учет дополнительных факторов повышает точность определения расчетных нагрузок на 30 – 60 %, а расширения каната – на 10 – 100 %;
- математические модели максимальной нагрузки на бобину и ее деформации можно представить в виде полиномов второго порядка и использовать в инженерной методике, что существенно сокращает время на вычисление нагрузок с высокой степенью точности (погрешность не превышает 12 %).

7. Усовершенствованный метод расчета силовых факторов многослойной намотки резинотросовых канатов и инженерная методика легли в основу таких методических рекомендаций: к выбору рациональных параметров бобинных подъемников с РТК; к обоснованию проекта «Технология строительства комплекса штольня – вертикальный ствол с клетевым подъемником грузоподъемностью 150 т для перемещения автосамосвалов БелАЗ-75145 из карьера ЮГОК на дневную поверхность»; а также к обоснованию параметров клетевого вертикального подъемника грузоподъемностью 150 т.

8. Упомянутые методические рекомендации внедрены в проектные работы на НПООО «Океанмаш» при разработке выбора технологического оборудования; на ОАО «Укргипроруда» для строительства комплекса «штольня – вертикальный ствол»; на ЗАО «НКМЗ» в разработку новых клетевых вертикальных подъемных установок грузоподъемностью 150 т.

9. Результат сопоставления вариантов подъема, использованных в проекте «Технология строительства комплекса штольня – вертикальный ствол с клетевым подъемником грузоподъемностью 150 т для выдачи автосамосвалов БелАЗ-75145 из карьера ЮГОК на дневную поверхность»: годовой экономический эффект от использования барабанной подъемной машины с полиспастами ШМП 1-5×4 (базового варианта) и БШП (нового варианта) достигает миллиона гривен за счет снижения капитальных затрат.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Минаков, А.П. О форме баллона и натяжения нити в крутильных машинах [Текст] / А.П. Минаков // Изв. МТИ. – 1929. – Т. II. – С. 5 – 35.
2. Гордеев, В.А. К расчету давлений намотки текстильных материалов [Текст] / В.А. Гордеев – Л.: ЛТИ, 1957. – № 9. – 57 с.
3. Прошков, А.Ф. Машины для производства химических волокон [Текст] / А.Ф. Прошков – М.: Машиностроение, 1974. – 465 с.
4. Сухарев, В.А. Расчет тел намотки [Текст] / В.А. Сухарев, И.И. Матюшев. – М.: Машиностроение, 1982. – 136 с.
5. Прокопенко, В.И. Выбор рациональной схемы комбинированного транспорта для глубоких карьеров Кривбасса: материалы науч.-техн. конф. по вопросам разработки полезных ископаемых [Текст] / В.И. Прокопенко, А.Ю. Дриженко. – Д., 1969. – С. 114 – 118.
6. Высокопроизводительные глубокие карьеры [Текст] / М.Г. Новожилов, А.Ю. Дриженко, А.М. Маевский и др. – М.: Недра, 1984. – 187 с.
7. Большегрузные скиповые подъемники для отработки глубоких карьеров [Текст] / П.Б. Кульбида, В.В. Ройзен, Л.В. Колосов и др. // Горный журнал. – 1981. – № 7. – С. 48 – 51.
8. О создании подъемных установок большой грузоподъемности с несущими резинокросовыми лентами [Текст] / В.И. Онищенко, Л.В. Колосов, К.С. Заболотный и др. // Горный журнал. – 1980. – № 5. – С. 36 – 39.
9. Обухов, А.Н. Радиальная нагрузка на бобину при многослойной навивке резинокросового каната [Текст] / А.Н. Обухов, К.С. Заболотный // Горный журнал. – 1981. – № 10. – С. 81 – 85.
10. Безпалько, В.В. Выбор рациональной тахограммы для наклонных подъемных установок с переменным радиусом навивки [Текст] / В.В. Безпалько, К.С. Заболотный // Горная электромеханика и автоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1978. – Вып. 32. – С. 109 – 115.
11. Заболотный С.В. Навеска и эксплуатация резинокросовых канатов на скиповом подъеме шахты «Родина» [Текст] / С.В. Заболотный, Л.В. Колосов, В.В. Безпалько и др. // Горный журнал – 1972. – № 8. – С. 47 – 48.
12. Об использовании плоской резинокросовой ленты в качестве тягового органа шахтных подъемных машин с бобинной намоткой [Текст] / К.С. Заболотный, Н.Г. Гаркуша, Л.В. Колосов и др. // Горная электромеханика и автоматика: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1976. – Вып. 29. – С. 3 – 9.
13. О перспективе использования плоских резинокросовых лент в каче-

стве тягового органа шахтных подъемных установок с ведущим шкивом трения [Текст] / С.В. Заболотный, Н.Г. Гаркуша, Л.В. Колосов и др. // Горный журнал. – 1974. – № 11. – С. 47 – 50.

14. Пояснительная записка к ТЭО о целесообразности применения большегрузных скиповых подъемников с резиновым тяговым органом для выдачи горной массы из Петровского карьера № 3 ЦГОКа [Текст]. – Кривой Рог: Кривбасспроект, 1979. – 130 с.

15. Колосов, Л.В. Перспективы и технические возможности использования резиновых канатов для глубоководного подъема [Текст] / Л.В. Колосов, Ю.Л. Сафонов // Горная механика. – 1999. – № 11 – 12. – С. 67 – 71.

16. Бельмас, И.В. Напряженный стан конвейерной стрелки, нагруженной сосредоточенной силой [Текст] / И.В. Бельмас, И.Т. Сабурова, Г.И. Танцура // Сб. науч. тр. Керч. морск. технол. ин-та. – 2005. – Вып. 6. – С. 88 – 92.

17. Бельмас, И.В. Передача силы трения гнучкому тяговому органу [Текст] / И.В. Бельмас, О.И. Белоус, Г.И. Танцура // Сб. науч. тр. НГАУ. – 2002. – № 13. – Т. 2. – С. 48 – 53.

18. Бельмас, И.В. Модель напряженно-деформированного состояния резиновой ленты на переходном участке [Текст] / И.В. Бельмас, И.Т. Сабурова // Подъемно-транспортная техника. – 2003. – № 3. – С. 93 – 99.

19. Бельмас, И.В. Напряженно-деформированный стан стрелки на участке ее перевертывания [Текст] / И.В. Бельмас, О.И. Белоус, Г.И. Танцура // Наук. пр. ДНТУ. Сер.: Гірнична електромеханіка. – 2004. – Вып. 83. – С. 26 – 33.

20. Ропай, В.А. Обоснование выбора конструкции и расчет стыковых соединений резиновых уравнивающих канатов РТК-1 [Текст] / В.А. Ропай, И.В. Бельмас // Сб. науч. тр. КМТИ. – 2005. – Вып. 6. – С. 100 – 121.

21. Колосов, Л.В. Новые перспективные конструкции шахтных канатов [Текст] / Л.В. Колосов, В.А. Ропай // Горный журнал. – 1999. – № 6. – С. 38 – 42.

22. Колосов, Л.В. Анализ напряженно-деформированного состояния РТЛ при повреждении тросовой основы [Текст] / Л.В. Колосов, А.Н. Обухов // В кн.: Шахтный и карьерный транспорт. – М.: Недра, 1981. – Вып. 7. – С. 37 – 48.

23. Ильин, С.Р. Исследование динамики шахтной многоканатной подъемной установки как упругой разветвленной механической системы [Текст] / С.Р. Ильин; Днепропетр. горн. ин-т. – М., 1980. – 170 с. – Деп. в ВИНТИ 23.06.80, № 2966-80.

24. Колосов, Л.В. О методике расчета резиновой ленты как плоско-слоистого композитного материала [Текст] / Л.В. Колосов, А.Л. Жупиев; Днеп-

ропетр. горн. ин-т. – Д., 1983. – 17 с. – Деп. в ВИНТИ 01.02.83, № 57-27-82.

25. Заболотный, К.С. Исследование особенностей механики и выбор рациональных параметров бобинных подъемных машин с резинотросовым канатом [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / К.С. Заболотный. – Д., 1979. – 248 с.

26. Колосов, Л.В. Научные основы разработки и применения резинотросовых канатов подъемных установок глубоких рудников [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. / Л.В. Колосов; [Днепр. горн. ин-т]. – Д., 1987. – 20 с.

27. Полушина, М.В. Исследование и обоснование рациональных параметров бобинной подъемной машины с ведущими шкивами трения и резинотросовым тяговым органом [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. / М.В. Полушина; [Днепр. горн. ин-т]. – Д., 1990. – 20 с.

28. Колосов, Л.В. Сравнительная оценка усталостных свойств резинотросовых канатов, стальных канатов и стальной ленты [Текст] / Л.В. Колосов, В.В. Джур // Изв. вузов; Горный журнал. – 1981. – № 8. – С. 27 – 35.

29. Черныш, О.Н. Коэффициенты трения резинотросовой ленты о поверхность ведущего шкива трения [Текст] / О.Н. Черныш, В.В. Франчук // Изв. вузов; Горный журнал – 1985. – № 2. – С. 67 – 70.

30. Резинотросовые канаты: пути использования и преимущества [Электронный ресурс] / Н.Н. Шидо, В.И. Савицкий, В.Г. Коцеруба, Н.В. Бабаева. – Режим доступа: [www/URL: http://www.ptm.com.ua/articles/37-39.pdf](http://www.ptm.com.ua/articles/37-39.pdf). – Загл. с экрана.

31. Тарнопольский, Ю.М. Изменение усилия натяжения при намотке изделий из стеклопластиков [Текст] / Ю.М. Тарнопольский, Г.Г. Портнов // Механика полимеров. – 1966. – № 2. – С. 29 – 40.

32. Тарнопольский, Ю.М. Особенность расчета деталей из армированных пластиков [Текст] / Ю.М. Тарнопольский, А.В. Розе. – Рига: Зинатне, 1969. – 274 с.

33. Ковальский, Б.С. Нагрузка канатных барабанов и бобин [Текст] / Б.С. Ковальский // Сб. статей: Стальные канаты. – К.: Техніка, 1966. – Вып. 3. – С. 89 – 106.

34. Ковальский, Б.С. Теория многослойной навивки каната [Текст] / Б.С. Ковальский // Докл. АН СССР. – 1950. – Т. LXXIV, № 3. – С. 429 – 432.

35. Панченко, Е.В. Об использовании подъемников с резинотросовым канатом для подъема полезных ископаемых со дна океана [Текст] / Е.В. Панченко // Сб. науч. тр. «Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок», посв. 75-летию НИИГМ им. М.М. Федорова. – Донецк, 2004. – Вып. 98. – С. 168 – 170.

36. Панченко, Е.В. Разработка модели резинотросового каната в много-

слоистой намотке на основе универсального пакета конечно-элементного моделирования ANSYS/ED 6.1 [Текст] / Е.В. Панченко // Наук. вісн. НГУ. – 2005. – № 11. – С. 68 – 73.

37. Полушина, М.В. Определение жесткости многослойной намотки резинотросовой ленты [Текст] / М.В. Полушина, А.Л. Жупиев, Е.В. Панченко // Наук. вісн. НГУ. – 2005. – № 11. – С. 74 – 79.

38. Панченко, Е.В. Результаты исследования конечно-элементной модели резинотросовой ленты в бобинном органе намотки [Текст] / Е.В. Панченко // Геотехн. механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины, посв. науч. конф. «Геотехнические проблемы разработки месторождений». – 2005. – Вып. 62. – С. 155 – 163.

39. Заболотный, К.С. Пример использования прогрессивных информационных технологий SolidWorks для выполнения проекта бобинной подъемной установки с резинотросовым канатом [Текст] / К.С. Заболотный, Е.В. Панченко // Академ. вестн. КрТО Междунар. акад. компьютерных наук и систем, посв. междунар. науч.-техн. конф. «Интегрированные системы управления в горно-металлургическом комплексе». – 2006. – № 17–18. – С. 64 – 68.

40. Панченко, Е.В. Моделирование резинотросового каната в многослойной намотке на основе пакета конечно-элементного моделирования ANSYS/ED 6.1 [Текст] / Е.В. Панченко // Материалы XXVI междунар. конф. и выставки. – Ялта, 2006. – С. 168 – 171.

41. Панченко, Е.В. Методика определения напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросового каната шахтной подъемной установки [Текст] / Е.В. Панченко // Вестник НТУ „ХПИ”. – 2006. – № 13. – С. 142 – 151.

42. Панченко, Е.В. Разработка математической модели для определения радиальных нагрузок при многослойной намотке резинотросового каната шахтной подъемной установки [Текст] / Е.В. Панченко // Математичне моделювання: Наук. журн. – 2006. – № 15. – С. 36 – 39.

43. Панченко, Е.В. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросового каната в бобинном подъеме [Текст] / Е.В. Панченко // Сб. науч. тр. НГУ. – 2006. – № 25. – С. 114 – 119.

44. Заболотный, К.С. Оценка достоверности конечно-элементной модели пакета резинотросового каната [Текст] / К.С. Заболотный, Е.В. Панченко // Материалы междунар. конф. «Форум гірників – 2006». – Д., 2006. – С. 24 – 29.

45. Франчук, В.П. Использование комплекса SolidWorks в задачах шахтного подъема [Текст] / В.П. Франчук, К.С. Заболотный, А.Л. Жупиев и др. // Сб. тр. VIII ежегод. конф. САПР/PLM в России и странах СНГ. – М., 2006. – С. 32 – 36.

46. Панченко, Е.В. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросового каната в бобинном подъеме [Текст] / Е.В. Панченко // Геотехн. механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2006. – Вып. 64. – С. 221 – 230.
47. Заболотный, К.С. Исследование величины радиальной нагрузки каната в бобинной намотке [Текст] / К.С. Заболотный, Е.В. Панченко // Сб. науч. тр. НГУ. – 2006. – № 26. – Т. 1. – С. 106 – 111.
48. Франчук, В.П. Разработка 150-тонного бобинного подъемника с резинотросовым канатом для карьера ЮГОК с исследованием напряженно-деформированного состояния каната в многослойной намотке [Электронный ресурс] / В.П. Франчук, К.С. Заболотный, Е.В. Панченко. – Режим доступа: [www/URL: http://www.solidworks.ru](http://www.solidworks.ru). – 2006. – Загл. с экрана.
49. Панченко, Е.В. Развитие методики анализа напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросового каната бобинных подъемников [Электронный ресурс] / Е.В. Панченко. – Режим доступа: [www/URL: http://www.picask.ru](http://www.picask.ru). – 2007. – Загл. с экрана.
50. Амбарцумян, С.А. Теория анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян. – М.: Физматгиз, 1967. – 576 с.
51. Амбарцумян, С.А. Некоторые вопросы развития теории анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв. АН Арм. ССР. Сер. Физ.-мат. науки. – 1964. – № 3. – С. 48 – 60.
52. Бидерман, В.Л. Вопросы расчета резинометаллических деталей [Текст] / В.Л. Бидерман: сб. Расчеты на прочность. – М.: Машиностроение, 1965. – Вып. 3. – С. 40 – 87.
53. Бидерман, В.Л. Упругость и прочность анизотропных стеклопластиков [Текст] / В.Л. Бидерман: сб. Расчеты на прочность – М.: Машиностроение, 1965. – Вып. 11, – С. 12 – 28.
54. Бидерман, В.Л. Определение сдвиговой жесткости сжатых резиновых амортизаторов [Текст] / В.Л. Бидерман, Н.А. Сухова // Изв. вузов: Машиностроение. – 1968. – № 9. – С 35 – 41.
55. Григолюк, Э.И. Современные состояния теории многослойных оболочек [Текст] / Э.И. Григолюк, Ф.А. Коган // Прикладная механика. – 1972. – Т. 8. – Вып. 6. – С. 5 – 17.
56. Болотин, В.В. Теория армированной слоистой среды со случайными неправильностями [Текст] / В.В. Болотин // Механика полимеров. – 1966. – № 1. – С. 11 – 19.
57. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций [Текст] / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
58. Болотин, В.В. О теории армированных тел [Текст] / В.В. Болотин //

Изв. АН СССР. Механика и машиностроение. – 1965. – № 1. – С. 74 – 80.

59. Болотин, В.В. Пластины и оболочки из армированных материалов – основные уравнения, количественные результаты [Текст] / В.В. Болотин, В.Н. Москаленко // В кн.: Динамика и прочность машин. – М.: МЭИ, 1967. – С. 26 – 45.

60. Королев, В.И. Слоистые анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс [Текст] / В.И. Королев. – М.: Машиностроение, 1965. – 265 с.

61. Королев, В.И. Слоистые анизотропные пластинки из армированных пластмасс [Текст] / В.И. Королев. – М.: Машиностроение, 1965. – 274 с.

62. Королев, В.И. Некоторые задачи по выбору оптимальной структуры стеклопластиков [Текст] / В.И. Королев // Инж. журн. – 1965. – № 2. – 112 с.

63. Лехницкий, С.Г. Анизотропные пластики [Текст] / С.Г. Лехницкий. – М.: ГИТТЛ, 1967. – 463 с.

64. Лехницкий, С.Г. Теория упругости анизотропного тела [Текст] / С.Г. Лехницкий. – М.: Гостехиздат, 1960. – 416 с.

65. Мухин, О.Н. Применение потокового варианта метода прогонки к расчету спирально-армированного резинопроводочного кольца [Текст] / О.Н. Мухин // Механика эластомеров: Межвуз. сб. – Краснодар: Изд-во КПИ, 1981. – С. 96 – 104.

66. Тихонов, В.А. К определению упругих характеристик резины в сжатом тонком слое [Текст] / В.А. Тихонов, В.А. Щеглов, Б.М. Горелик, В.И. Колосова // Механика эластомеров: Межвуз. сб. – Краснодар: Изд-во КПИ, 1981. – С. 66 – 75.

67. Миляева, Л.В. Жесткость на сжатие плоского имитатора [Текст] / Л.В. Миляева // Механика эластомеров: Межвуз. сб. – Краснодар: Изд-во КПИ, 1981. – С. 76 – 79.

68. Малый, В.И. Анализ поля перемещений слоя слабо сжимаемого материала и расчет жесткости тонкослойных резинометаллических элементов при сжатии [Текст] / В.И. Малый, Н.С. Гусятинская // В кн.: Вопросы динамики и прочности. – Рига, 1981. – 336 с.

69. Малый, В.И. Прочность тонкослойных резинометаллических элементов при сжатии [Текст] / В.И. Малый, Н.С. Гусятинская // Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф. по методам расчета изделий из высокоэластичных материалов: Тез. докл. – Рига, 1977. – С. 105 – 108.

70. Новожилов, М.Г. Глубокие карьеры [Текст] / М.Г. Новожилов, В.Г. Селянин, А.Е. Троп. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 256 с.

71. Сорокин, Л.А. Проектирование и эксплуатация наклонных скиповых подъемников на рудных карьерах СССР [Текст] / Л.А. Сорокин // Тез. докл. IV

Всесоюз. науч.-техн. конф. по карьерному транспорту. – Свердловск, 1987. – С. 223 – 225.

72. Васильев, М.В. Наклонные подъемники на карьерах [Текст] / М.В. Васильев, Б.Ф. Фадеев, В.С. Хохряков. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 151 с.

73. Хохряков, В.С. Возможности и перспективы применения скиповых подъемников на карьерах СССР [Текст] / В.С. Хохряков, Л.А. Сорокин // Изв. вузов: Горный журнал – 1972. – № 12. – С. 21 – 25.

74. Хохряков, В.С. Конструкция современных карьерных скиповых подъемников [Текст] / В.С. Хохряков, Л.А. Сорокин // Материалы I науч.-техн. совещ. по проблемам разработки глубоких карьеров. – К., 1970. – С. 10 – 36.

75. Хохряков, В.С. Скиповые наклонные подъемники на карьерах [Текст] / В.С. Хохряков, Л.А. Сорокин. – М.: Металлургия, 1969. – 294 с.

76. Яковлев, В.Л. Транспорт глубоких карьеров [Текст] / В.Л. Яковлев, С.Л. Фесенко // Горный журнал. – 1988. – № 12. – С. 24 – 27.

77. Белобров, В.И. Многоканатные наклонные подъемные установки для карьеров и шахт [Текст] / В.И. Белобров, Е.А. Белоброва // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 69 – С. 155 – 159.

78. Медведева, О.А. Целесообразность ввода многоканатной скиповой наклонной карьерной подъемной установки на карьере № 3 ОАО «ЦГОК» [Текст] / О.А. Медведева // Геотехн. механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2006. – Вып. 64. – С. 121 – 127.

79. Четверик, М.С. Основные направления совершенствования циклично-поточной технологии на карьерах Кривбасса [Текст] / М.С. Четверик // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2001. – № 3. – С. 57 – 60.

80. Борохович, А.И. Грузоподъемные установки с ленточным тяговым органом [Текст] / А.И. Борохович. – М.: Машиностроение, 1980. – 191 с.

81. Тензометрия в машиностроении [Текст]: справ. пособие / под ред. Р.А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с.

82. Пучкин, Б.И. Приклеиваемые тензодатчики сопротивления [Текст] / Б.И. Пучкин. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 88 с.

83. Ильинская, Л.С. Полупроводниковые тензодатчики [Текст] / Л.С. Ильинская, А.Н. Подмарьков. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 120 с.

84. Груздев, С.В. Импульсная тензометрия [Текст] / С.В. Груздев, Е.М. Прошин. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 88 с.

85. Композиционные материалы [Текст]: справочник / под ред. Д.М. Карпиноса. – К.: Наук. думка, 1985. – 152 с.

86. Композиционные материалы [Текст]: справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ. ред. В.В. Васильева,

Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

87. Васильев, В.В. Механика конструкций из композиционных материалов [Текст] / В.В. Васильев – М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.

88. Фудзии, Т. Механика разрушения композиционных материалов [Текст]: пер. с англ. / Т. Фудзии, М. Дзако. – М.: Мир, 1982. – 272 с.

89. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера [Текст]: Практич. руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева. – 2-е изд., испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.

90. Басов, К.А. ANSYS: Справочник пользователя [Текст] / К.А. Басов – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

91. Тимошенко, С.П. Теория упругости [Текст] / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 576 с.

92. Тимашенко, Г.М. Теория инженерного эксперимента [Текст] / Г.М. Тимашенко, П.Ф. Зима. – К.: УМК ВО, 1991. – 122 с.

93. Основы научных исследований [Текст] / Е.Г. Баранов, В.А. Бунько, О.В. Колоколов и др. – К.: Вища шк., 1984. – 171 с.

94. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента [Текст] / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

95. Планирование эксперимента в технике [Текст] / В.И. Барщук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко; под ред. Б.П. Креденцера. – К.: Техніка, 1984. – 640 с.

96. Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В.С. Корольок, Н.И. Портенко, А.В. Скороход, А.Ф. Турбин. – М.: Наука, 1985. – 640 с.

97. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман. – 7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.

98. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст]: пер. с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. – В 2-х кн. – М.: Финансы и статистика, 1987. – Кн. 1. – 351 с.

99. Половко, А.М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации [Текст] / А.М. Половко, П.Н. Бутусов. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.

100. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 584 с.

## АНОТАЦІЯ

Заболотний К.С. Теорія багатошарової намотки гумотросового каната: монографія [Текст] / К.С. Заболотний, О.В. Панченко, О.Л. Жупієв. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 151 с. ISBN 988–966–350–310–3.

Викладено методику наукових досліджень, спрямованих на вдосконалення методу розрахунку силових факторів у витках багатошарової намотки гумотросових канатів бобінних підйомників, в якому враховано відсутність поздовжнього стиснення каната та залежність жорсткісних характеристик шарів від параметрів багатошарової намотки.

Розроблено алгоритми застосування методу розрахунку для задач практичного проектування. Отримано математичні моделі максимальних силових навантажень і деформацій, які використовуються в інженерній методиці.

Удосконалений метод розрахунку силових факторів багатошарової намотки гумотросових канатів та інженерна методика автора лягли в основу методичних рекомендацій, застосованих низкою вітчизняних підприємств у проектних роботах.

Ключові слова: метод розрахунку силових факторів, гумотросовий канат, багатошарова намотка, тіло намотки, поздовжня та поперечна жорсткість каната, бобінна піднімальна машина.

## АННОТАЦИЯ

Заболотный К.С. Теория многослойной намотки резинотросового каната: монография [Текст] / К.С. Заболотный, Е.В. Панченко, А.Л. Жупиев. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 151 с. ISBN 988–966–350–310–3.

Изложена методика научных исследований, направленных на усовершенствование метода расчета силовых факторов в витках многослойной намотки резинотросовых канатов бобинных подъемников, в котором учтено отсутствие продольного сжатия каната и зависимость жесткостных характеристик слоев от параметров многослойной намотки.

Разработаны алгоритмы применения метода расчета для задач практического проектирования. Математические модели максимальных силовых нагрузок и деформаций используются в инженерной методике.

Усовершенствованный метод расчета силовых факторов многослойной намотки резинотросовых канатов и инженерная методика легли в основу методических рекомендаций, которые используются рядом отечественных предприятий в проектных работах.

Ключевые слова: метод расчета силовых факторов, резинотросовый канат, многослойная намотка, тело намотки, продольная и поперечная жесткость каната, бобинная подъемная машина.

## THE SUMMARY

Zabolotny K.S. Teoriia mnogoslainoi namotki reziotropovogo kanata: monograph [The theory of multilayer winding of rubberrope cable] / K.S. Zabolotny, Ye.V. Panchenko, A.L. Zhupiiiev. – Dnipropetrovsk Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine, 2011. – 151 p. ISBN 988–966–350–310–3.

Scientific-research recommendations aiming development of rating methods of forcing factors in spires of multilayer rubberrope cable of bobbin hoist is given here. This method stipulates absence of longitudinal cable pressure and dependence of characteristics of hard layers upon parameters of multilayer winding.

Algorithms of applying rating methods for purposes of practical projecting is elaborated here, too. Scientific-research resulted in mathematical models of maximum loading and deformation upon which engineering methods are based.

More exact methods of rating forcing factors of multilayer rubberrope cable winding and engineering methods laid the foundation of methodical recommendation used in projects by number of enterprises.

Key words: methods of rating of forcing factors, rubberrope cable, multilayer winding, the body of the winding, longitudinal and diametrical cable hardness, bobbin hoisting machine.

Наукове видання

**Заболотний** Костянтин Сергійович

**Панченко** Олена Володимирівна

**Жупієв** Олександр Леонідович

**ТЕОРІЯ  
БАГАТОШАРОВОЇ НАМОТКИ  
ГУМОТРОСОВОГО КАНАТА**

Монографія

(Російською мовою)

Редактори С.С. Графська, О.Н. Ільченко

Підписано до друку 14.06.2011. Формат 30×42/4.

Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 8,9.

Обл.-вид. арк. 11,8. Тираж 300 прим. Зам. № .

Підготовлено до друку  
в Державному вищому навчальному закладі  
«Національний гірничий університет»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004.  
49005, Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Видрукувано в «Ліра ЛТД»

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 188 від 19.09.2000.  
49005, Дніпропетровськ, вул. Погребняка, 25, к. 57.