


Систематизация и морфологический анализ резиновых мембран

Дмитрий В. Куделин¹ kvmbaikal@ya.ru  0000-0002-5124-1168
Татьяна Н. Несиоловская² nesiolovskayatn@ystu.ru  0000-0003-2024-6625



¹ ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия

² Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, Россия

Аннотация. Конкурентоспособность резиновых мембран определяется как их качеством, надежностью и долговечностью, так и временем, необходимым для создания нового изделия. Поэтому исследователям необходимо иметь четкую картину актуальных и перспективных направлений проведения поисковых работ в области создания и применения резиновых мембран. Проведен системно-функциональный анализ, который выявил функции резиновых мембран, классификацию и их характерные признаки. Основными аспектами классификации резиновых мембран стали: принцип действия (выделяют мембраны прямого действия, предназначенные для преобразования изменения давления в перемещение, и мембраны обратного действия, предназначенные для преобразования перемещения в изменение давления), назначение и условия применения (выделяют мембраны силовые, компенсационные, насосные и демпферные), а также конструктивные признаки (выделяют плоские, гофрированные, тарельчатые, конические, оболочковые, сферические). Составлена матрица, взаимоувязывающая классификационные признаки: назначение, условия применения и особенности конструкции с такими показателями, как прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, усталостная выносливость, химическая инертность, маслостойкость, газонепроницаемость, долговечность, низкая токсичность и низкая стоимость. Выполнен морфологический анализ возможных технических решений при проектировании и создании резиновых мембран за счет использования различных каучуков. Конкретизация морфологического анализа возможных технических решений применительно к классификационным признакам показывает необходимость комбинации каучуков для получения резин с заданными техническими свойствами и возможность расширения спектра анализируемых каучуков для разработки перспективных технологических решений.

Ключевые слова: морфологический анализ, резиновые мембраны, классификация, каучуки, рецептура

Systematization and morphological analysis of rubber membranes

Dmitry V. Kudelin¹ kvmbaikal@ya.ru  0000-0002-5124-1168
Tatyana N. Nesiolovskaya² nesiolovskayatn@ystu.ru  0000-0003-2024-6625

¹ Research and Development center "Intire" LLC, Sovetskaya Str., 81, Yaroslavl, 150003, Russia

² Yaroslavl Technical State University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

Abstract. Increasing of the competitiveness of rubber membranes is determined both by their quality, reliability and durability, and by the time required to create a new product. Therefore, researchers need to have a clear picture of current and perspective areas of exploration, as well as the creation and using of rubber membranes. In this work, a systemic-functional analysis was carried out that revealed the functions of rubber membranes, the classification and their characteristic features. The main aspects of the rubber membranes classification are: the principle of action (direct action membranes, designed to convert pressure changes into displacement, and inverse action membranes, designed to convert movement into pressure changes are distinguished), the purpose and conditions of use (allocate power, compensation, pumping and damping are distinguished), as well as design features (flat, convoluted, dished, conical, envelope-shaped, spherical are distinguished). A matrix of interconnected classification features was compiled: purpose, application conditions, and design features with indicators such as strength, elasticity, large reversible strains, tear resistance, fatigue endurance, chemical inertness, oil resistance, gas impermeability, durability, low toxicity and low cost. A morphological analysis of possible technical solutions in the design and creation of rubber membranes through the use of various rubbers has been performed. The concretization of the morphological analysis of possible technical solutions in relation to classification criteria shows the necessity of a combination of rubbers to obtain rubbers with specified technical properties and the possibility of expanding the range of analyzed rubbers for developing promising technological solutions.

Keywords: morphological analysis, rubber membranes, classification, rubbers, compounding

Введение

Важнейшей задачей резиновой промышленности является непрерывное повышение качества, надежности и долговечности изделий, в том числе резиновых мембран, которые нашли широкое применение в автомобильной, авиационной, станкостроительной, химической и других отраслях промышленности, а также в машиностроении. В большинстве случаев резиновые мембраны применяются в конструкциях,

позволяющих преобразовать изменение давления газа или жидкости в соответствующее изменение механического усилия (датчики и исполнительные механизмы регуляторов и др.), реже в качестве уплотнительных устройств. На практике существуют тысячи рецептов резиновых мембран, что связано с разнообразными условиями их эксплуатации и спектром требований, предъявляемых к ним.

Для цитирования

Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Систематизация и морфологический анализ резиновых мембран // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 203–207. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-203-207

For citation

Kudelin D.V., Nesiolovskaya T.N. Systematization and morphological analysis of rubber membranes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 203–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-203-207

В современных условиях увеличение конкурентоспособности разработок во многом определяется фактором времени. Поэтому исследователям необходимо иметь четкую картину актуальных и перспективных направлений проведения поисковых работ, а также создания и применения резиновых мембран. Цель работы – систематизация и морфологический анализ резиновых мембран.

Первым этапом работы было проведение системно-функционального анализа резиновых мембран, предполагающего выявление функций, ради которых они создаются. Изучение основных опубликованных источников [1–3] позволило

предложить обобщенную систематизацию резиновых мембран (рисунок 1).

По принципу действия резиновые мембраны подразделяются на мембраны прямого действия, предназначенные для преобразования изменения давления в перемещение, и мембраны обратного действия, предназначенные для преобразования перемещения в изменение давления (код А).

По назначению и условиям применения мембраны разделяют на силовые, компенсационные, насосные и демпферные (код Б).

По конструктивным признакам мембраны могут быть плоские, гофрированные, тарельчатые, конические, оболочковые, сферические (код В).

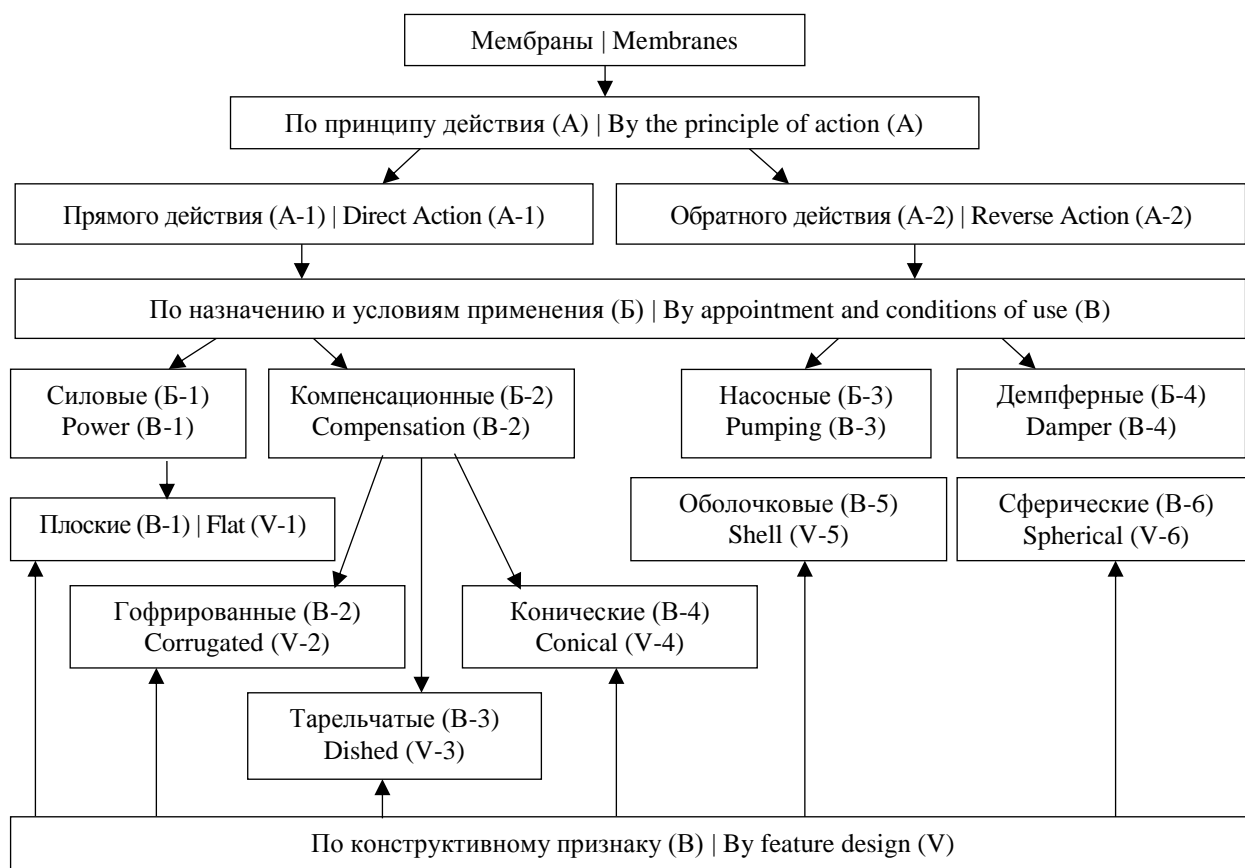


Рисунок 1. Основные принципы систематизации резиновых мембран

Figure 1. Basic principles of rubber membranes systematization

На основании проведенной систематизации и методов, применяемых при активизации инженерного творчества [4–9], составлена матрица показателей, которые характеризуют свойства резиновых мембран, определяющих основные функции, для выполнения которых они предназначены и которые обуславливают области их применения (таблица 1).

Возможные технические решения при проектировании и создании резиновых мембран могут быть обеспечены различными полимерными материалами, представленными в таблице 2 [9–13].

Этилен-пропилен-диеновый-каучук (СКЭПТ). Данный материал выдерживает температуру от -50 до 200 °С, может применяться для санитарных нужд. Главное его преимущество – долговечность. Мембраны из него выдерживают до 100 тыс. циклов динамического нагружения.

Резины на основе бутилкаучука (БК) обладают малой газо- и паропроницаемостью. Применимы для работы от -45 до 190 °С. Выдерживают до 60 тыс. циклов динамического нагружения.

Резины на основе натурального каучука (НК) применяются для изготовления мембран для санитарно-гигиенических целей. Диапазон рабочих температур – от -60 до 60 °С. Являются наиболее эластичными резинами, но обладают наименьшей стойкостью к диффузии воды и

слабой динамической стойкостью. Выдерживает до 5 тыс. циклов реального рабочего нагружения. Для промышленных целей используются мембраны на основе его синтетического аналога – изопренового каучука (СКИ-3), т. к. при тех же характеристиках они имеют меньшую стоимость.

Таблица 1.

Матрица показателей, определяющих области применения мембран

Table 1.

The matrix of indicators defining membrane applications

Классификационный признак Classification sign	Код мембраны Membrane Code	Показатели Indicators
Назначение и условия применения An appointment and conditions of use	Б-1 В-1	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации Strength, elasticity, large reversible strain
	Б-2 В-2	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, химическая инертность Strength, elasticity, large reversible strain, tear resistance, chemical inertness
	Б-3 В-3	Прочность, усталостная выносливость, химическая инертность, сопротивление раздиру Strength, fatigue endurance, chemical inertness, tear resistance
	Б-4 В-4	Прочность, усталостная выносливость, химическая инертность Strength, fatigue endurance, chemical inertness
Особенность конструкции Design feature	В-1 В-1	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации Strength, elasticity, large reversible strain
	В-2 В-2	
	В-3, В-3	
	В-4, В-4	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, химическая инертность Strength, elasticity, large reversible strain, tear resistance, chemical inertness
	В-5, В-5	Прочность, эластичность, сопротивление раздиру, низкая газопроницаемость Strength, elasticity, tear resistance, low gas permeability
	В-6, В-6	

Таблица 2.

Морфологический анализ решений при проектировании резиновых мембран

Table 2.

Morphological analysis of solutions in the design of rubber membranes

Требуемые свойства Required properties	Тип каучука Type of rubber						
	СКЭПТ EPDM	БК BR	СКИ-3 IR	НК NR	СКС/ СКМС SBR	БНКС NBR	ХБК CIIR
Прочность Strength	■	■	■	■	■	■	■
Эластичность Elasticity	■	■	■	■	■	■	■
Большие обратимые деформации Large reversible strain	■	■	■	■	■	■	■
Сопротивление раздиру Tear resistance	■	■	■	■	■	■	■
Усталостная выносливость Fatigue endurance	■	■	■	■	■	■	■
Химическая инертность Chemical inertness	■	■	■	■	■	■	■
Маслобензостойкость Oil resistance	■	■	■	■	■	■	■
Газонепроницаемость Low gas permeability	■	■	■	■	■	■	■
Долговечность Durability	■	■	■	■	■	■	■
Низкая токсичность Low toxicity	■	■	■	■	■	■	■
Низкая стоимость Low cost	■	■	■	■	■	■	■

■ - материал обеспечивает требуемое свойство

Резины на основе бутадиен-стирольного (СКС) / бутадиен-метилстирольного (СКМС) каучука применяются для систем отопления. Один из самых дешевых материалов. Допустимый диапазон эксплуатации от -50 до 50 °С. Менее эластичен, чем перечисленные выше материалы.

Резины на основе бутадиен-нитрильного каучука (БНКС) используются для изготовления мембран, работающих в химически агрессивных средах (масло, топливо), температура эксплуатации – от -40 до +140 °С.

Резины на основе хлорбутил каучука (ХБК) обладают достоинствами резин на основе БК. Отличаются высокой долговечностью, обладают сравнительно низкой токсичностью (но и одни из самых дорогих). Мембраны используются чаще всего в пищевой промышленности. Применяются для работы от -45 до 190 °С.

Конкретизация морфологического анализа возможных технических решений применительно к классификационным признакам показывает необходимость комбинации каучуков для получения резин с заданными техническими свойствами и стоимостными параметрами, а также возможность расширения спектра

анализируемых каучуков для разработки перспективных технологических решений.

Заключение

Морфологический анализ совместно с другими методами реализации технических решений, используемых при создании резиновых мембран, позволяет решать следующие проблемы:

- разрабатывать перспективные технологические решения для улучшения характеристик изделия;
- проводить экспертизу новизны разрабатываемого изделия;
- проводить технико-экономическую экспертизу полезности разработок.


Литература


- 1 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 2. Резины и резинотехнические изделия. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 648 с.
- 2 ГОСТ 21905–76. Мембраны резиновые. Термины и определения. М.: Изд-во Комитета стандартов, мер, измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1976. 10 с.
- 3 Применение резиновых технических изделий в народном хозяйстве. Справочное пособие; под ред. Д.Л. Федюкина. М.: Химия, 1986. 240 с.
- 4 Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач: 3-е изд., дополненное. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 240 с.
- 5 Militaru G. A critical evaluation of innovation and imitation processes: A conceptual approach // Scientific Bulletin, University Politehnica of Bucharest, Series C. 2011. V. 73. № 4. P. 273–286.
- 6 de Waal A., Ritchey T. Combining morphological analysis and Bayesian networks for strategic decision support // ORiON. 2007. V. 23 (2). P. 105–121.
- 7 Ritchey T. General Morphological Analysis (GMA) // Wicked problems–Social messes. Springer Berlin Heidelberg, 2011. P. 7–18.
- 8 Beddow J.K. Particle Characterization in Technology. Volume II: Morphological Analysis. CRC Press, 2017. 289 p.
- 9 Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 1988. 368 с.
- 10 Технология резины: Рецептуростроение и испытания; под ред. Дика Дж. С.; пер. с англ. под ред. Шершнева В.А. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
- 11 Guo Q. Polymer Morphology: Principles, Characterization, and Processing. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016. 472 p.
- 12 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 1. Каучуки и ингредиенты М.: Техинформ, 2012. 744 с.
- 13 Федюкин Д.Л., Махлис Ф.А. Технические и технологические свойства резин. М.: Химия, 1985. 240 с.

References

- 1 Reznichenko S.V., Morozov U.L. Great handbook of an engineer. Vol. 2. Rubbers and rubber products. Moscow, Techinform MAI, 2012. 648 p. (in Russian).
- 2 GOST 21907–76. Rubber membranes. Terms and definitions. Moscow, State committee of standards, measures, measuring instruments of the council of ministers of the USSR, 1976. 10 p. (in Russian).
- 3 The use of rubber technical products in the national economy. Reference manual; under the editorship of D.L. Fedyukin. Moscow, Khimiya, 1986. 240 p. (in Russian).
- 4 Altshuller G.S. Find an idea. Introduction to the theory of inventive problem solving: 3rd ed. Petrozavodsk, Scandinavia, 2003. 240 p. (in Russian).
- 5 Militaru G. A critical evaluation of innovation and imitation processes: A conceptual approach. Scientific Bulletin, University Politehnica of Bucharest, Series C. 2011. vol. 73. no. 4. pp. 273–286.
- 6 de Waal A., Ritchey T. Combining morphological analysis and Bayesian networks for strategic decision support. ORiON. 2007. vol. 23 (2). pp. 105–121.
- 7 Ritchey T. General Morphological Analysis (GMA). Wicked problems–Social messes. Springer Berlin Heidelberg, 2011. pp. 7–18.
- 8 Beddow J.K. Particle Characterization in Technology. Volume II: Morphological Analysis. CRC Press, 2017. 289 p.
- 9 Polovinkin A.I. Fundamentals of engineering. Moscow, Engineering, 1988. 368 p. (in Russian).
- 10 Rubber technology: Formulation and testing. St. Petersburg, Scientific foundations and technologies, 2010. 620 p. (in Russian).
- 11 Guo Q. Polymer Morphology: Principles, Characterization, and Processing. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2016. 472 p.
- 12 Reznichenko S.V., Morozov Yu.L. Great reference rubberman. Volume 1. Rubbers and ingredients Moscow, Tekhinform, 2012. 744 p. (in Russian).
- 13 Fedyukin D.L., Makhlis F.A. Technical and technological properties of rubbers. Moscow, Khimiya, 1985. 240 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Дмитрий В. Куделин ведущий специалист, отдел перспективных разработок, ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия, kvmbaikal@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5124-1168>

Татьяна Н. Несиоловская д.т.н., профессор, декан инженерно-экономического факультета, Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, nesiolovskayatn@ystu.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2024-6625>


Вклад авторов


Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Dmitry V. Kudelin leading specialist, advanced development department, Research and development center “Intire” LLC, Sovetskaya str., 81, Yaroslavl, 150003, Russia, kvmbaikal@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5124-1168>

Tatyana N. Nesiolovskaya Dr. Sci. (Engin.), professor, dean of engineering and economics faculty, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia, nesiolovskayatn@ystu.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2024-6625>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/06/2019

После редакции 08/07/2019

Принята в печать 15/08/2019

Received 04/06/2019

Accepted in revised 08/07/2019

Accepted 15/08/2019
