

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАНАТНЫХ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА МЯГКИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ОПОРАХ

доктор технических наук, профессор **А.В. Абузов**¹

доктор технических наук, профессор **И.В. Григорьев**²

1 – ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия» г. Якутск,
Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований, посвященных альтернативному виду лесного транспорта на базе канатных комплексов, оснащенных мягкими пневматическими опорами. Актуальность исследований продиктована тем, что в настоящее время лесозаготовительные процессы смещаются с наиболее доступных лесных территорий на труднодоступные горные участки с характерными признаками экологической зависимости с плотным наличием водных объектов, таких как реки, озера, болота, которые в свою очередь также могут служить транспортными коридорами для перемещения заготовленной древесины. Исходя из теоретических и экспериментальных исследований, авторами предложена технология, позволяющая эффективно и экологически безопасно вести заготовку древесины именно при наличии различных гидрологических преград, включая болота. Представлена технологическая схема использования канатных комплексов, конструкция мягкой пневматической опоры арочного типа, а также рабочий экспериментальный прототип данной лесотранспортной системы. Приведены результаты расчетов и примеры изополей деформаций, позволяющих оценить нагрузки, возникающие в конструкции арочной пневматической опоры в зависимости от массы удерживаемого груза и давления воздуха внутри опоры. Для моделирования процесса нагрузок использовался программный комплекс ЛИРА. Результаты исследований подтвердили возможность использования канатных лесотранспортных систем на мягких пневматических опорах в лесозаготовительном процессе.

Ключевые слова: канатные лесотранспортные системы, силовые надувные конструкции, водный транспорт леса, трелевка леса, мягкие пневматические опоры, канатная трелевка.

DESIGN FEATURES OF CABLE FORESTRY SYSTEMS ON SOFT PNEUMATIC SUPPORTS

DSc (Engineering), Professor **A.V. Abuzov**¹

DSc (Engineering), Professor **I.V. Grigoryev**²

1 – FSBEI HE "Pacific National University", Khabarovsk, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Yakut State Agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation

Abstract

The article presents the results of studies on an alternative type of forest transport based on cable systems equipped with soft pneumatic supports. The relevance of the research is dictated by the fact that currently logging processes are shifting from the most accessible forest areas to hard-to-reach mountain areas with characteristic signs of environmental dependence with the dense presence of water bodies such as rivers, lakes, swamps, which in its turn can also serve as transport corridors to move harvested wood. Based on theoretical and experimental studies, the authors have proposed a technology that allows efficiently and environmentally safe logging in the presence of various hydrological barriers, including swamps. The technological scheme of the use of rope complexes, the construction of a soft pneumatic support of an arch type, as well as a working experimental prototype of this timber transport system are presented. The results of calculations and examples of deformation isopoles are given, which make it possible to evaluate

the loads arising in the design of an arch pneumatic support depending on the mass of the cargo held and the air pressure inside the support. LIRA software package was used to simulate the load process. The research results confirmed the possibility of using cable forest transport systems on soft pneumatic supports in the logging process.

Keywords: cable forest transport systems, power pneumatic structures, water forest transport, skidding of the forest, soft pneumatic supports, cable skidding.

Введение

В настоящее время область распространения лесозаготовительных операций планомерно смещается с наиболее доступных лесных территорий на лесосеки с характерными признаками труднодоступности и экологической зависимости, с плотным наличием на них рек, озер и болот, как правило, окруженных горными склонами с резким перепадом высот.

В данном случае технологические системы заготовки древесины, представленные обычными самоходными канатными установками или тракторными комплексами, специализированными для работы на крутых склонах, не до конца решают проблемы горных лесозаготовок и не обеспечивают эффективность лесозаготовительного процесса как с технологической, так и с экологической точек зрения [1, 2, 11].

Опыт применения воздушных систем транспортировки древесины доказал технологическую и лесоводственную эффективность данных методов. Однако если техническая изученность, например, вертолетных трелевочных систем очевидна и в большинстве случаев сводится к повышению экономической целесообразности выполняемых работ, то способы и механизмы на базе подвесных канатных комплексов, способных работать на крутых склонах и при этом преодолевать водные преграды, требуют дополнительного серьезного и разностороннего исследования, позволяющего более эффективно изучить и оценить их технологические и конструктивные особенности.

Материалы и методы

Проанализировав информацию в научных источниках [5, 6], можно констатировать тот факт, что значительные площади спелого древостоя сосредоточены не только на территориях с плотным наличием резко пересеченного рельефа и крутых склонов, но и в местах с частичным наличием сильно переувлажненных грунтов, заболоченности и топей (рис. 1).

Особенностью данных территорий является то, что основные площади, где произрастает качественный древостой, сосредоточены на крутых склонах, которые в нижней своей части часто соприкасаются с гидрологическими системами (болотами, речками), а также с морским побережьем.

По разработанной методике с использованием программ ArcGisv.10, ENVI был проведен анализ протяженности гидрологических систем по обрзующим склонам на примере отдельных горных районов Хабаровского края, которые в настоящий момент наиболее обеспечены запасом древесины хорошего качества. Результаты анализа показали возможность использования от нескольких десятков до нескольких сотен километров гидрологических систем в качестве транспортных коридоров для канатного и водно-канатного надувного транспорта. На рис. 2 приведен пример результатов анализа по одному из горных участков Комсомольского района Хабаровского края.

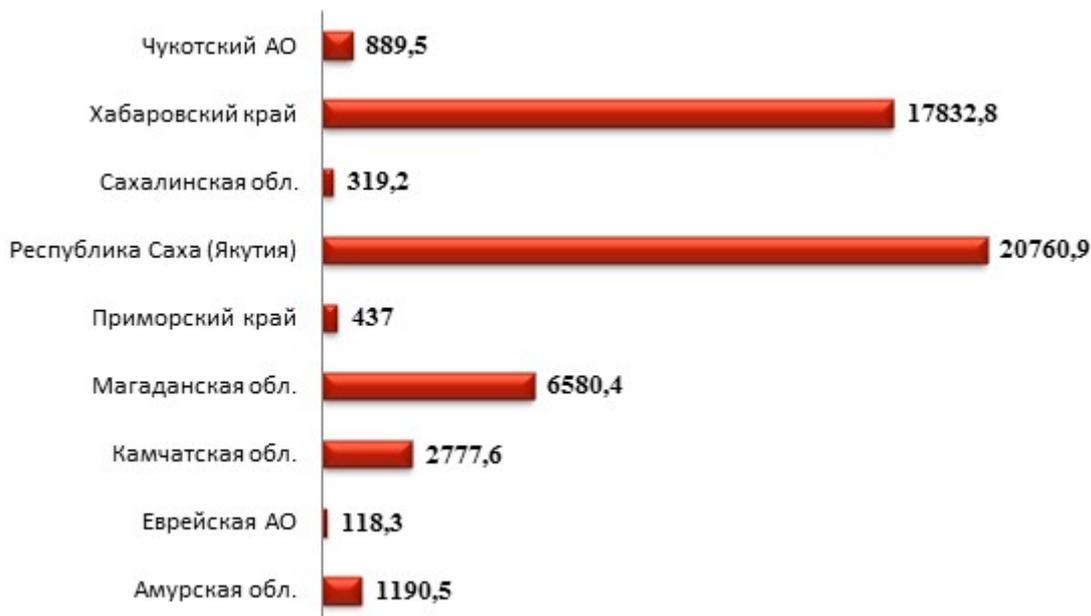
Исходя из этого, целесообразно говорить об объединенной системе водных транспортных коридоров с учетом морских границ. Это даст возможность сформировать поэтапную транспортную сеть, которая включила бы в себя не только цикл трелевки и дополнительных переместительных операций, но и работы по загрузке крупнотоннажных речных и морских судов в местах, где нет оборудованных грузовых причалов или нет возможности подхода грузовой баржи близко к берегу.

Поиск технических решений по обеспечению заготовки древесины на площадях со слабыми несущими грунтами, а также для оперативной переброски заготовленной древесины в пределах лесосеки через водные преграды, осуществлению её погрузки с необорудованных береговых территорий на водный транспорт без использования кранового оборудования из-за наличия рифов или высокого берега, определил направления разработки

лесотранспортных канатных систем на базе пневматических плавающих конструкций [7, 9, 10].

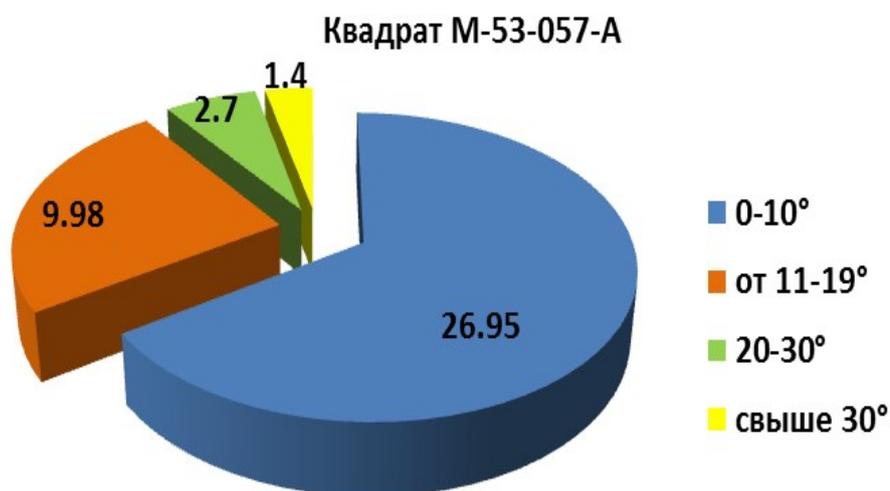
При этом транспортировка древесины осуществляется подвесной канатной системой и самопередвигающейся радиоуправляемой грузовой ка-

реткой, несущий канат которой удерживается с помощью пневматических арочных опор, способных эксплуатироваться как на грунтовой, так и на водной поверхности (рис. 3).



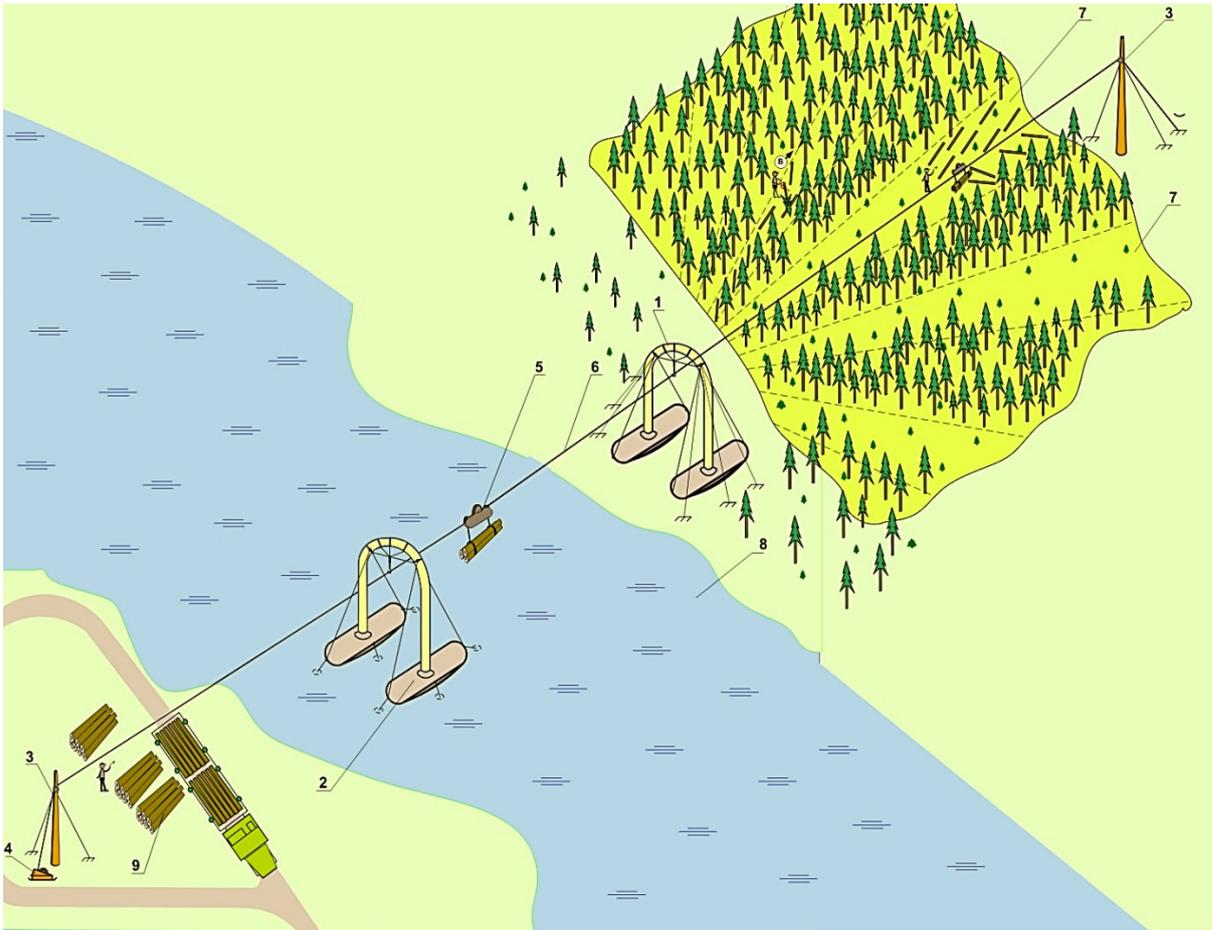
Результаты аналитических исследований авторов

Рис. 1. Наличие в лесном фонде ДФО лесозащитных территорий с сильно переувлажненными и заболоченными участками, тыс. га



Результаты аналитических исследований авторов с использованием программ ArcGisv.10, ENVI

Рис. 2. Плотность гидрологических систем по образующим склонам, км/1000 га



Разработка Абузова А.В., Абузовой К.Р., патент № 2531649 РФ, 2014 год

Рис. 3. Технологическая схема разработки лесосеки канатной лесотранспортной системой с одновременной обработкой склона и транспортировкой через водную преграду: 1 – береговая пневматическая опора; 2 – пневматическая плавающая опора; 3 – жесткие опоры; 4 – наземная лебедка; 5 – самопередвигающаяся каретка; 6 – несущий канат; 7 – пасака; 8 – водная преграда; 9 – погрузочный пункт



Разработка Абузова А.В.

Рис. 4. Прототип экспериментальной модели канатного лесотранспортного комплекса на базе мягких пневматических конструкций

Основным элементом описанных выше канатных лесотранспортных систем, способных перемещать груз через гидрологическую преграду и требующих дополнительных исследований, являются мягкие пневматические опоры, которые в данном случае имеют арочный вид.

Результаты и обсуждение

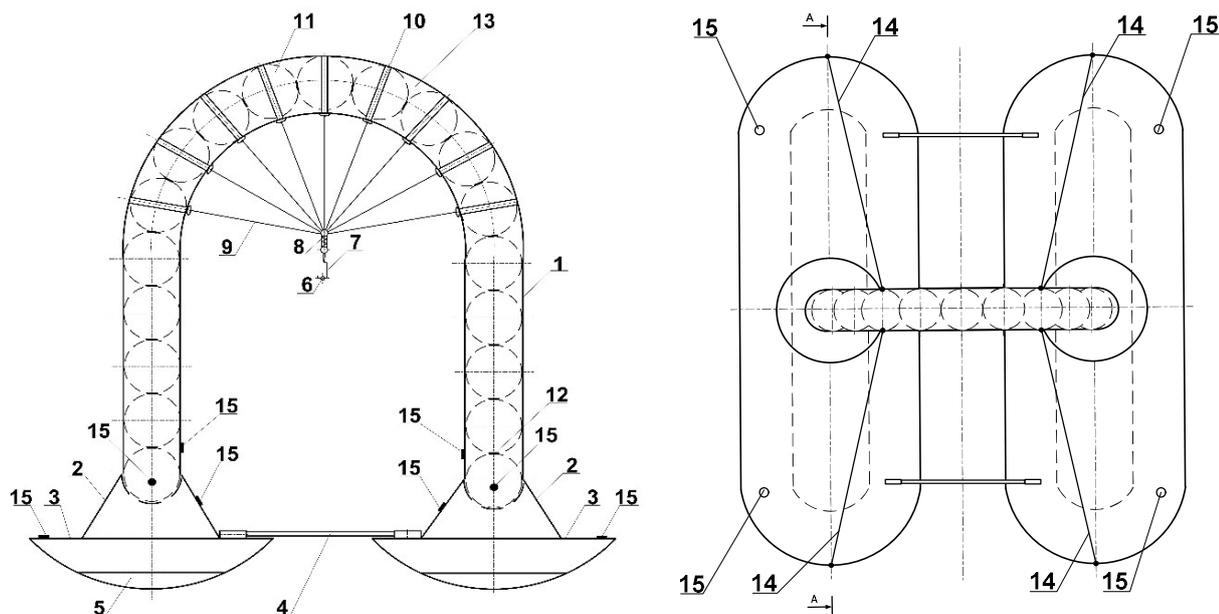
Экспериментальные практические исследования в данной области, проводимые с использованием прототипов, результаты работы которых обрабатывались и сопоставлялись с теоретическими показателями, позволили выявить ряд особенностей, связанных с распространением деформационных нагрузок внутри пневматической арочной конструкции.

На рис. 4 представлен прототип экспериментальной модели канатного лесотранспортного комплекса на базе мягких пневматических конструкций с радио дистанционно управляемой трелевочной кареткой. Данный прототип использовался как

для исследования вопросов технологического применения, так и для изучения вопросов возникающих деформационных нагрузок.

По итогу комплекса проводимых работ было предложено конструктивное решение, заключающееся в том, что конструкция пневматической арочной опоры была дополнена внутренними шаровыми и торовыми элементами, служащими демпфером и обеспечивающими одновременно жесткость и гибкость конструкции, а также устойчивость на водной поверхности (рис. 5).

Однако определить деформации пневматических арок расчетным путем, учитывающим сопряжение и взаимодействие внутренних сфер, достаточно сложно из-за нестабильности и реологических свойств материала. Поэтому для реализации данной задачи использовался программный комплекс ЛИРА, в основу которого положен метод конечных элементов.



Разработка Абузова А.В., Абузовой К.Р., патент № 2531778 РФ, 2014 год.

Рис. 5. Общий вид пневматической плавающей конструкции

а) вид спереди; б) вид сверху:

- 1 – главная несущая конструкция, 2 – конусные сегменты, эллипсоидные чаши, 4 – упорные тяги, 5 – балластный отсек, 6 – несущий канат, 7 – г-образный башмак, 8 – демпфер, 9 – синтетические канаты, 10 – силовые стропы, 11 – шаровые надувные сегменты, 12 – воздушный клапан, 13 – полость, 14 – растяжки, 15 – клапан подкачки воздуха

Пневматические арки с наличием внутреннего каркаса, состоящего из сопряженных между собой сфер равного напряжения, относятся к силовым пневматическим конструкциям, у которых изменение равновесного энергетического состояния сопровождается совершением механической работы [3, 4, 8]. Данная работа совершается натяжением поверхности при воздействии внешних факторов, за счет чего происходит не только растяжение внешней оболочки, но и перемещение сопряженных с ней и между собой внутренних сфер, которые, в свою очередь, могут играть роль амортизатора. Данное конструктивное решение позволяет противодействовать внешним силовым воздействиям и, соответственно, снимать и перераспределять погонные растягивающие усилия, возникающие во внешней оболочке надувной арочной конструкции.

Основными параметрами, которые обеспечивают устойчивость арочных конструкций, являются внутреннее давление и диаметр сечения её основания. Основные габаритные размеры, такие как высота, ширина и радиус кривизны арки, также будут зависеть от этих параметров.

Исходя из этого, пневматическая арка должна удовлетворять нескольким условиям, обеспечивающим её несущую способность [3, 4, 8].

I – условие кольцевой прочности:

$$PR_m \leq [T_2], \quad (1)$$

где P – избыточное давление воздуха, одинаковое во всех сечениях арки; R_m – наибольший радиус кривизны сечения балки; T_2 – допускаемые кольцевые напряжения в материале.

II – условие продольной прочности:

$$M \leq \pi R^2 \left([T_1] - \frac{PR}{2} \right) \text{ или } P \leq \frac{2}{R} \left([T_1] - \frac{M}{\pi R^2} \right), \quad (2)$$

где M – наибольший изгибающий момент в сечениях арки; T_1 – допускаемые продольные напряжения в материале; R – радиус сечения круглой балки.

III – условие складкообразования:

$$\frac{M_z}{I_1} + \frac{P\Omega}{S} - \frac{Q}{S} \geq 0, \quad (3)$$

где I_1 – момент инерции сечения круглой балки относительно нейтральной оси сечения;

Ω – площадь «воздушного» сечения круглой балки;

S – периметр поперечного сечения балки;

Q – нагрузка.

IV – условие устойчивости с учетом сдвигов:

$$Q \leq \pi^3 E' \cdot R^3 / l_{np}^2 \left[1 + 2 \cdot (1 - \vartheta^2) - \frac{PR}{E'} \right], \quad (4)$$

где E' – модуль упругости материала; l_{np} – приведенная высота стойки арочной конструкции.

Для подтверждения улучшения устойчивости и уменьшения деформационных нагрузок в пневматических арках с внутренними сферами был смоделирован ряд ситуаций, согласно которым с использованием программного комплекса ЛИРА проведены расчеты в два этапа:

- расчет пневматических арок без наличия сфер для диаметров 1,5 м, 2,5 м, определяя только влияние внутреннего давления с учетом диаметра.

- расчет пневматической арки с наличием сфер для худшего результата, полученного предыдущими расчетами, определяя влияние использования сфер с учетом внутреннего давления.

Исходные данные для расчета пневматической арки с наличием внутренних сфер примем следующие:

- диаметр кольцевого сечения арки 1500 мм;
- высота арки по наружной грани 10 000 мм, по оси 9250 мм, по внутренней грани 8500 мм;
- ширина арки по наружной грани 9000 мм, по оси 7500 мм, по внутренней грани 6000 мм;
- диаметр внутренних сфер для учета сопряжения – 1560 мм;
- груз 2000 кг, 3000 кг, 4000 кг, 5000 кг;
- внутреннее давление 100 кПа, 300 кПа, 500 кПа.

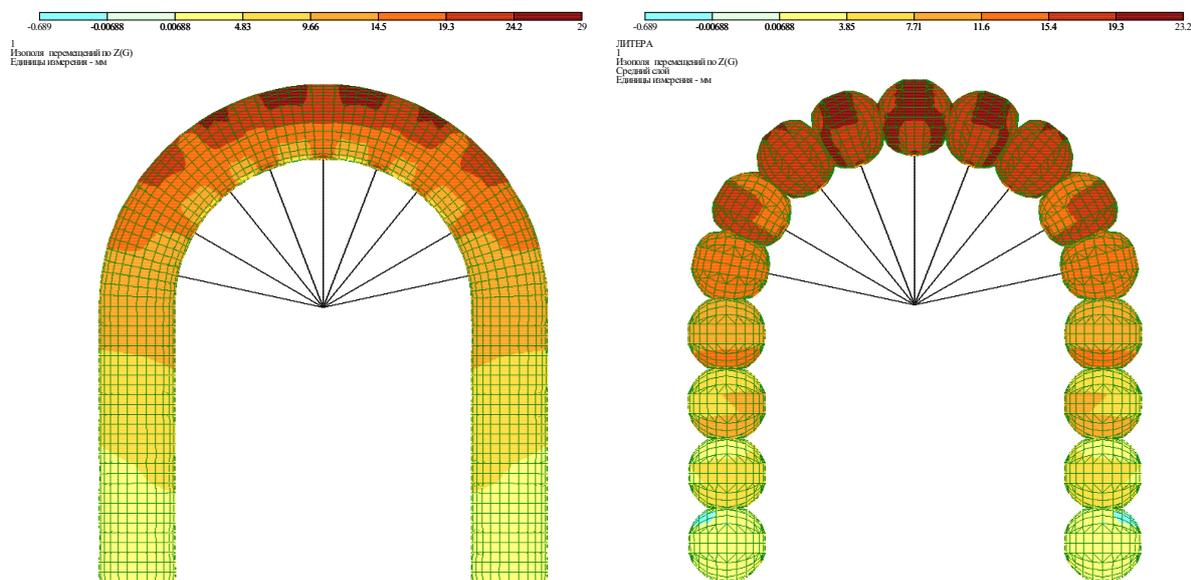
Количество конечных элементов в расчетной схеме пневматической арки с внутренними сферами 7177, количество узлов в схеме 5159. Разбивка на конечные элементы принята в среднем 200×200 мм. Данная плотность разбивки позволит получить более детальную картину напряженно-деформированного состояния конструкции.

Сравнительные результаты расчета пневматической арки диаметром 1,5 м с внутренними сферами и без при давлении 300 кПа и массой удерживаемого груза 3000 кг, позволяющие сделать вывод о возможностях исследуемых пневматических арок с заданными размерами, сведены в табл. 1. Примеры моделирования нагрузок, возникающих в пневматической арке, представлены на рис. 6 и 7.

Результаты максимальных значений деформации конструкции пневматических арок
($\varnothing 1,5$ – без внутренних сфер, $\varnothing 1,5с$ – с наличием внутренних сфер)

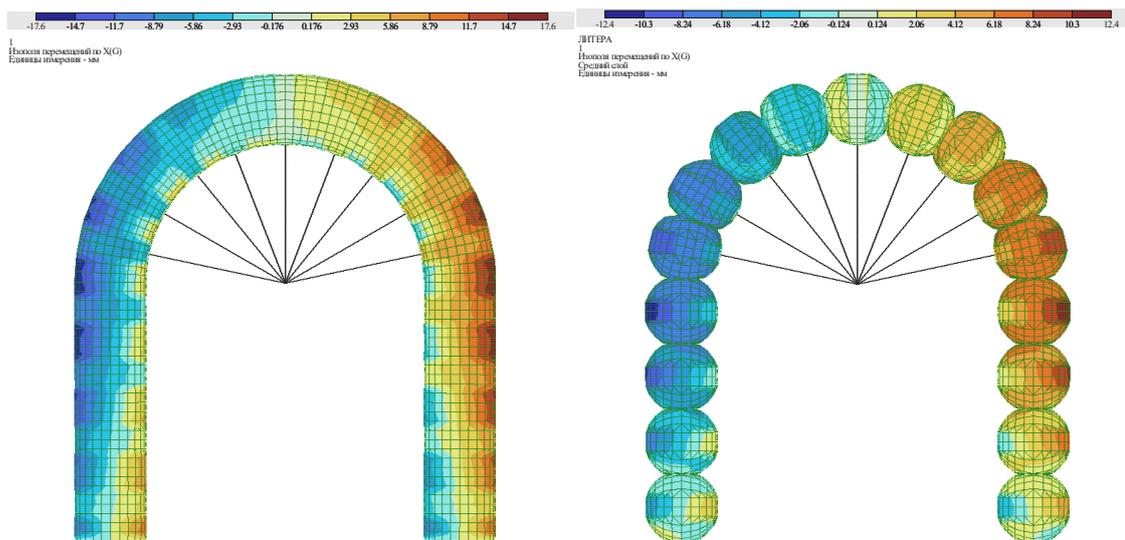
Давление, кПа	Груз, т	Перемещения по z, мм		Перемещения по x, мм		Перемещения по y, мм		Главные напряжения N1, МПа		Главные напряжения N2, МПа	
		$\varnothing 1,5$	$\varnothing 1,5с$	$\varnothing 1,5$	$\varnothing 1,5с$	$\varnothing 1,5$	$\varnothing 1,5с$	$\varnothing 1,5$	$\varnothing 1,5с$	$\varnothing 1,5$	$\varnothing 1,5с$
100	2	-59,7	-6,8	-60,5	-6,5	-41,8	-4,1	118	112	86,6	53
	3	-94,7	-13,7	-91,5	-7,1	-58,3	-4,1	121	122	105	53
	4	-130	-20,6	-122	-9,7	-74,8	-4,2	128	133	119	53
	5	-165	-27,5	-153	-12,4	-91,3	-5,0	145	160	123	54
300	2	-38,3	-0,5	-55,5	-17	-78,5	-12,3	343	337	186	161
	3	-73,3	-0,7	-86,5	-17,6	-86,1	-12,2	346	336	204	160
	4	-108	-6,2	-117	-18,2	-94,2	-12,2	348	336	223	160
	5	-143	-13,1	-148	-18,7	-108	-12,2	351	336	242	159
500	2	-16,9	-0,8	-50,5	-27,6	-126	-20,7	569	562	285	273
	3	-51,9	-0,9	-81,5	-28,1	-129	-20,6	572	561	303	270
	4	-87,0	-1,0	-112	-28,7	-135	-20,5	574	560	322	268
	5	-122	-1,13	-143	-29,3	-143	-20,4	576	560	341	267

Результаты вычислений авторов



Результаты моделирования авторов с использованием программного комплекса ЛИРА

Рис. 6. Пример изополей деформаций по оси z при давлении 300 кПа, нагрузка 3000 кг



Результаты моделирования арок с использованием программного комплекса ЛИРА

Рис. 7. Пример изополей деформаций по оси x при давлении 300 кПа, нагрузка 3000 кг

Выводы

Проведенные исследования являются основанием для изучения вопросов внедрения в лесозаготовительный процесс данного вида транспорта, будущее использование которого продиктовано следующими факторами:

- использование пневматических конструкций позволяет повысить эффективность переместительных операций в пределах лесосеки, снизить затраты на покупку, эксплуатацию, хранение и сервисное обслуживание дополнительной наземной техники.

- возможность использования гидрологических систем (с учетом болот и несудоходных рек) в качестве транспортного коридора для подвесной трелевки и транспортировки древесины, что дает значительное сокращение времени и затрат на строительство временных лесовозных дорог (усов, веток) и подъездных путей;

- возможность использования гидрологических систем для оперативной доставки лесозаготовительной техники и рабочего персонала;

- возможность освоения ранее недоступных территорий;

- снижение экологических последствий для гидрологических систем по сравнению с молевым и плотовым сплавом древесины;

Анализируя полученные результаты расчета пневматических арок с диаметрами поперечного сечения 1,5 и 2,5 м с внутренним давлением 100, 300 и 500 кПа и вертикальной нагрузкой от крана в 2, 3, 4 и 5 т, можно сделать следующие выводы:

- использование внутренних сфер позволяет значительно снизить деформацию пневматической арочной конструкции, например, смещения по оси z, отражающие прогиб арки, снижаются при давлении 100 кПа в 6-8,78 раза, при давлении 300 кПа – в 10,91-76,6 раза, при давлении 500 кПа – в 21,13-108 раз;

- использование внутренних сфер позволило снизить рекомендуемое рабочее давление до 250-300 кПа, что положительно отразится на ресурсе материала и сварных швов пневматической конструкции;

- на фоне значительного снижения деформации, но менее улучшившейся пространственной жесткости (устойчивости), которая характерна для арочной конструкции диаметром 2,5 м, можно рекомендовать увеличение диаметра сечения для арки диаметром 1,5 м, не изменяя общие габариты (высоту и ширину), что позволит добиться максимальной конструктивной и эксплуатационной эффективности.

Библиографический список

1. Абузов, А. В. Лесотранспортные системы: новые возможности и перспективы развития // Состояние лесов и актуальные проблемы лесопромышленности: матер. Всерос. конференции с междунар. участием / отв. ред. А. П. Ковалев. – Хабаровск : Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2013. – С. 101–104.
2. Герц, Э. Ф. Вероятность повреждений деревьев в процессе трелевки при сплошных рубках / Э. Ф. Герц // Лесная промышленность. – 2004. – № 2 – С. 13–14.
3. Ермолов, В. В. Пневматические конструкции воздухоопорного типа / В. В. Ермолов. – Москва : Стройиздат, 1973. – 288 с.
4. Жмурин, И. П. Исследование динамических характеристик мягкой сферической оболочки в потоке воздуха / И. П. Жмурин, В. С. Левкин, Л. Ф. Смирнова // Труды ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского. – 1973. – Вып. 1496. – 15 с.
5. Ковалев, А. П. Эколого-лесоводственные основы рубок в лесах Дальнего Востока / А. П. Ковалев. – Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2004. – 270 с.
6. Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования / под ред. А. П. Ковалёва. – Хабаровск : ДальНИИЛХ, 2009. – 470 с.
7. Стрельников, Д. В. Оценка адаптивности привода слежения судовой подвесной канатной дороги / Д. В. Стрельников, А. В. Бачище // Проблемы водного транспорта Российской Федерации. – Москва : Транспортное дело России, 2003. – Спецвыпуск. – 152 с.
8. Магула, В. Э. Судовые эластичные конструкции / В. Э. Магула. – Ленинград : Судостроение, 1978. – 132 с.
9. Патент 2531649 Российская Федерация, МПК⁷ В63В 35/00, В63В 27/30, В61В 7/06. Способ транспортировки древесины с использованием надувных плавающих опор : № 2013121242/11 : заявл. 07.05.13. : опубл. 27.10.14. Бюл. № 30 / Абузов А.В., Абузова К.Р. ; заявитель и патентообладатель Тихоокеанский государственный университет.
10. Патент 2531778 Российская Федерация, МПК⁷ E04G 11/04, В63В 35/71, E04H 15/20. Надувная плавающая опора для удержания несущего каната : № 2013121199/11 : заявл. 07.05.13 : опубл. 27.10.14. Бюл. № 30 / Абузов А.В., Абузова К.Р. ; заявитель и патентообладатель Тихоокеанский государственный университет.
11. Григорьев, И. В. Особенности эксплуатации колесных лесных машин в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях / И. В. Григорьев, С. Е. Рудов // Forest Engineering : матер. науч.-практ. конференции с междунар. участием. – 2018. – С. 67–71.

References

1. Abuzov A.V. *Lesotransportnye sistemy: novye vozmozhnosti i perspektivy razvitija* // *Sostojanie lesov i aktual'nye problemy lesoupravlenija: materialy vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem* / отв. ред. А.Р. Kovalev. – Khabarovsk: Izd-vo FBU «Dal'NIILH», 2013. – P. 101-104 (in Russian).
2. Gerc E.F. (2004) *Verojatnost' povrezhdenij derev'ev v processe trelevki pri sploshnyh rubkah. Lesnaja promyshlennost'* [Forest industry]. № 2. P. 13-14 (in Russian).
3. Ermolov V.V. *Pnevmaticheskie konstrukcii vozduhoopornogo tipa*. Moscow: Strojizdat, 1973. 288 p. (in Russian).
4. Zhmurin I.P., Levkin V.S., Smirnova L.F. *Issledovanie dinamicheskikh harakteristik mjagkoj sfericheskoj obolochki v potoke vozduha. Trudy CAGI im. N.E. Zhukovskogo*. 1973. Iss. 1496. 15 p. (in Russian).
5. Kovalev A.P. *Ekologo-lesovodstvennye osnovy rubok v lesah Dal'nego Vostoka*. Habarovsk: Dal'NIILH, 2004. 270 p. (in Russian).

6. *Sovremennoe sostojanie lesov rossijskogo Dal'nego Vostoka i perspektivy ih ispol'zovanija* [Modern state of Russian Far East forests and perspectives of their use] / ed by A.P. Kovalev. – Khabarovsk: Dal'NIILH, 2009. 470 p. (in Russian).
7. Strel'nikov D.V., Bachishche A.V. *Ocenka adaptivnosti privoda slezhenija sudovoj podvesnoj kanatnoj dorogi / Problemy vodnogo transporta Rossijskoj Federacii.* – Moscow: Transportnoe delo Rossii, 2003. Special issue. 152 p. (in Russian).
8. Magula V.E. *Sudovye elasticheskie konstrukcii.* Leningrad: Sudostroenie, 1978. 132 p. (in Russian).
9. Patent 2531649 Rossijskaja Federacija, MPK7 V63V 35/00, V63V 27/30, V61V 7/06. *Sposob transportirovki drevesiny s ispol'zovaniem naduvnyh plavajushchih opor / Abuzov A.V., Abuzova K.R.; Zajavitel' i patentoobladatel' Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet.* – № 2013121242/11; zajavl. 07.05.13. opubl.: 27.10.14. Bjul. № 30 (in Russian).
10. Patent 2531778 Rossijskaja Federacija, MPK7 E04G 11/04, V63V 35/71, E04N 15/20. *Naduvnaja plavajushhaja opora dlja uderzhanija nesushhego kanata / Abuzov A.V., Abuzova K.R.; Zajavitel' i patentoobladatel' Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet.* – № 2013121199/11; zajavl. 07.05.13. opubl.: 27.10.14. Bjul. № 30 (in Russian).
11. Grigor'ev I.V., Rudov S.E. (2018) *Osobennostij ekspluatcii kolesnyh lesnyh mashin v slozhnyh pochvenno-gruntovyh i relyefnyh uslovijah.* Forest Engineering: *materialy nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Forest Engineering: Proceedings of the international scientific conference]. – S. 67-71 (in Russian).

Сведения об авторах

Абузов Александр Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесопользования и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Российская Федерация; e-mail: ac-systems@mail.ru.

Григорьев Игорь Владиславович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: silver73@inbox.ru.

Information about authors

Abuzov Aleksandr Viktorovich – DSc (Engineering), Professor, Department of Forest Management Technology and Landscape Construction, FSBEI HE "Pacific National University", Khabarovsk, Russian Federation; e-mail: ac-systems@mail.ru.

Grigoryev Igor Vladislavovich – DSc (Engineering), Professor of the Department "Technology and equipment of the forest complex", FSBEI HE "Yakut State Agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation; e-mail: silver73@inbox.ru.