

Машины и Установки проектирование, разработка и эксплуатация

Сетевое издание
МОО "Стратегия объединения"
<http://maplants-journal.ru>

Ссылка на статью:

//Машины и установки: проектирование,
разработка и эксплуатация.
Электрон. журн. 2023. № 4. С. 21 – 29.

DOI:

Представлена в редакцию: 24.11.2023

Принята к публикации: 10.12.2023

© МОО «Стратегия объединения»

УДК 629. 1.04

Использование методов топологической оптимизации на ранних стадиях проектирования несущей системы снегохода

Левенков Я.Ю. *, Лебедев Д.Р.

* lique87@mail.ru

МГТУ им. Н. Э. Баумана (Москва, Россия)

При создании современных образцов транспортных средств, в том числе снегоходной мототехники, особое внимание следует уделить проектированию силовых элементов, поскольку тщательная их проработка позволяет увеличить эксплуатационные характеристики, например, грузоподъемность, среднюю скорость движения, управляемость и другие. Есть различные пути снижения массы силовых элементов транспортного средства: разработка рациональных силовых схем восприятия нагрузок и замена материалов на более прочные и легкие.

Цель исследования – разработка несущей системы снегохода обеспечивающей требования прочности и минимальной массы.

В статье описан процесс создания облегченной несущей системы с применением методов топологической оптимизации для снегохода повышенной грузоподъемности.

Объектом исследования являются снегоходная мототехника. Предметом исследования являются применение топологической оптимизации на ранних стадиях проектирования несущей системы снегохода с целью получения рациональной силовой схемы и уменьшения собственной массы рамы снегохода.

На примере утилитарного снегохода представлены основные этапы проектирования силовой схемы передней части несущей системы снегоходной мототехники. Определены основные исходные данные необходимые для разработки ее концепции. По итогам работ была изготовленная облегченная несущая система из алюминиевых и стальных материалов.

Ключевые слова: снегоход, несущая система, топологическая оптимизация, область проектирования, метод конечных элементов, повышенная грузоподъемность, виртуальный прототип, интерпретация результатов оптимизации.

Введение

В настоящее время все более востребованными становятся снегоходы повышенной грузоподъемности (рис.1) предназначенные для транспортировки людей и грузов, буксировки прицепов (саней) массой до 500 кг, а также эксплуатации в природоохранных организациях, МЧС и скорой медицинской помощи.



Рис. 1. Снегоход повышенной грузоподъемности

Снегоход повышенной грузоподъемности рассчитан на длительное передвижение по глубокому снегу и имеет достаточно мощности и места для перевозки различных тяжелых грузов. К данному типу снегоходов предъявляются повышенные требования к прочности несущей системы и надежности узлов и агрегатов, что позволяет широко использовать при выполнении различных задач: охота, рыбалка, проведение поисково-спасательных операций, а также для обеспечения потребностей жителей Сибири и Крайнего Севера, чей быт связан с добычей пищи в экстремальных условиях.

Целью являлось проектирование новой облегченной несущей для повышения показателей грузоподъемности. Основное внимание было уделено оптимизации передней части несущей системы – уменьшение её массы с сохранением прочности позволяет осуществить установку двигателя большей мощности, не повышая нагрузки на лыжи.

Подход к проектированию несущей системы снегохода

Увеличение грузоподъемности может быть достигнуто за счет:

- 1) применения облегченной несущей системы, элементы которой выполнены преимущественно из алюминиевого сплава,
- 2) оптимизации схемы передачи нагрузок на несущую систему снегохода от направляющего устройства подвески, выполненного из алюминиевого сплав
- 3) разработки оригинальной конструкции съемного заднего сиденья.

Для уменьшения себестоимости снегохода повышенной грузоподъемности часть узлов и агрегатов снегохода таких как: движитель, система управления снегоходом, силовая установка, трансмиссия и пластиковый обвес и др., унифицированы с серийными образцами снегоходов.

Проектирование облегченной несущей системы снегохода повышенной грузоподъемности проводилось в два этапа.

Первый этап – создание твердотельной модели на основе конструкции коммерческого образца снегохода и определение нагрузок, действующих на несущую систему снегохода, в программе расчета динамики твердых тел [1,2,3,4] Созданная твердотельная модель несущей системы коммерческого образца представлена на рисунке 2.

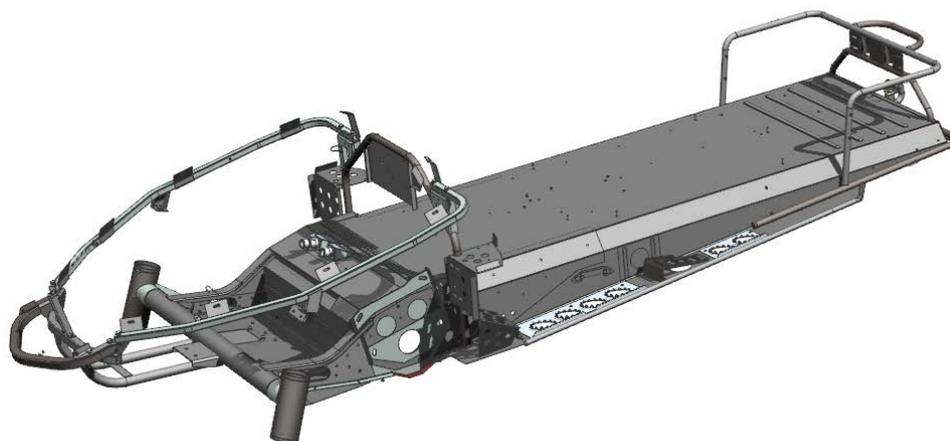


Рис. 2. Твердотельная модель несущей системы коммерческого образца снегохода

На втором этапе для разработки конструкции легкой и прочной несущей системы применяется метод топологической оптимизации.

Для применения данного метода были определены условия оптимизации (рисунок 3):

- 1) материал и пространство проектирования, учитывающие компоновку подкапотного пространства;
- 2) места крепления двигателя, узлов трансмиссии, пластикового обвеса;
- 3) расположения направляющего устройства подвески и системы рулевого управления.

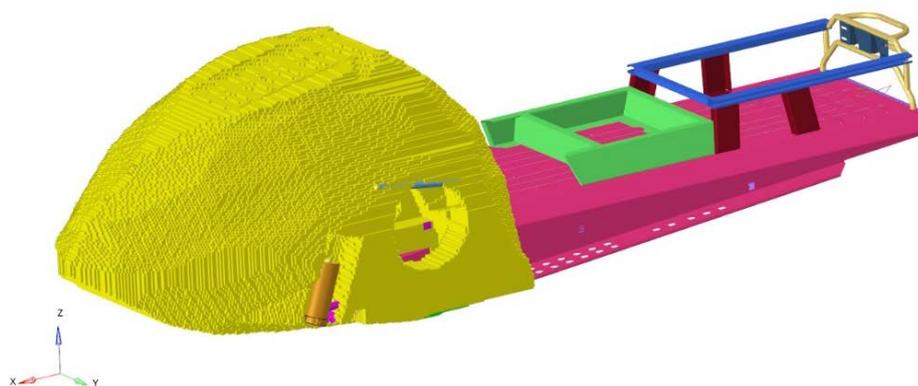


Рис. 3. Пространство проектирования для топологической оптимизации передней части несущей системы снегохода

Целевой функцией топологической оптимизации является минимум податливости конструкции, т. е. обеспечение максимальной её жесткости. Исходя из опыта авторов, при проведении подобных расчетов, ограничение для оптимизации составляет 20% от объема заданной области проектирования.

Также, к результату топологической оптимизации предъявляется требование симметричности относительно продольной плоскости снегохода для унификации.

Полученный результат одной из итераций топологической оптимизации в виде изоповерхностей равной плотности представлен на рисунке 4.

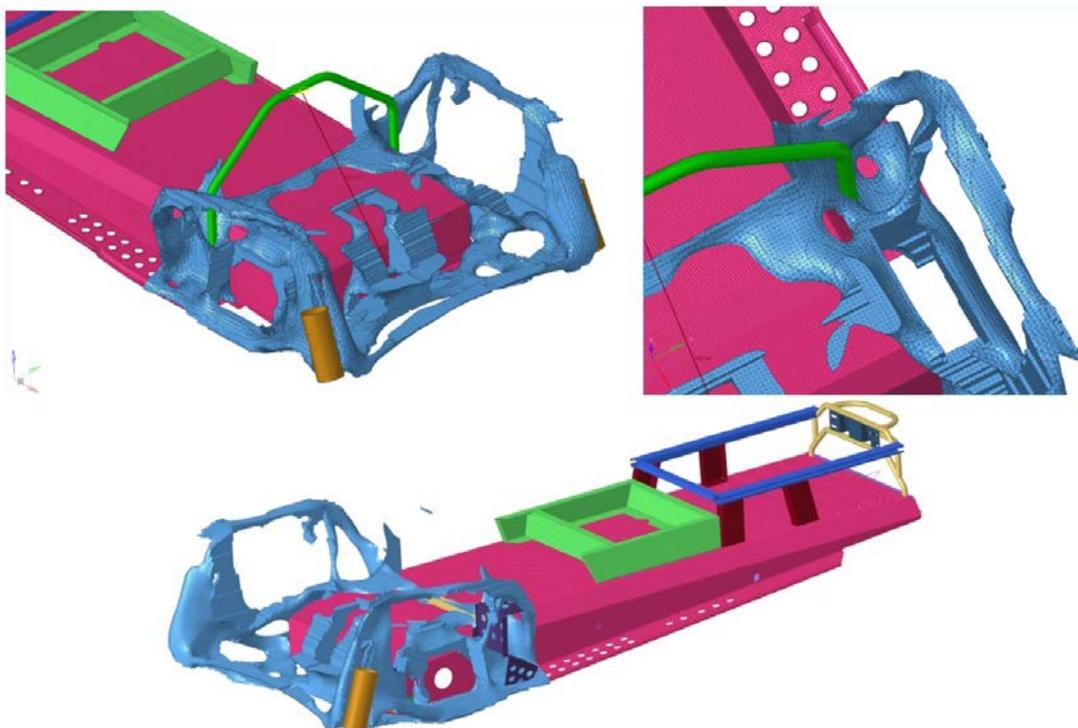


Рис. 4. Результат топологической оптимизации

Конечный результат топологической оптимизации был перенесен в систему автоматизированного проектирования и на его основе была спроектирована передняя часть несущей системы снегохода повышенной грузоподъемности (рисунок 5).

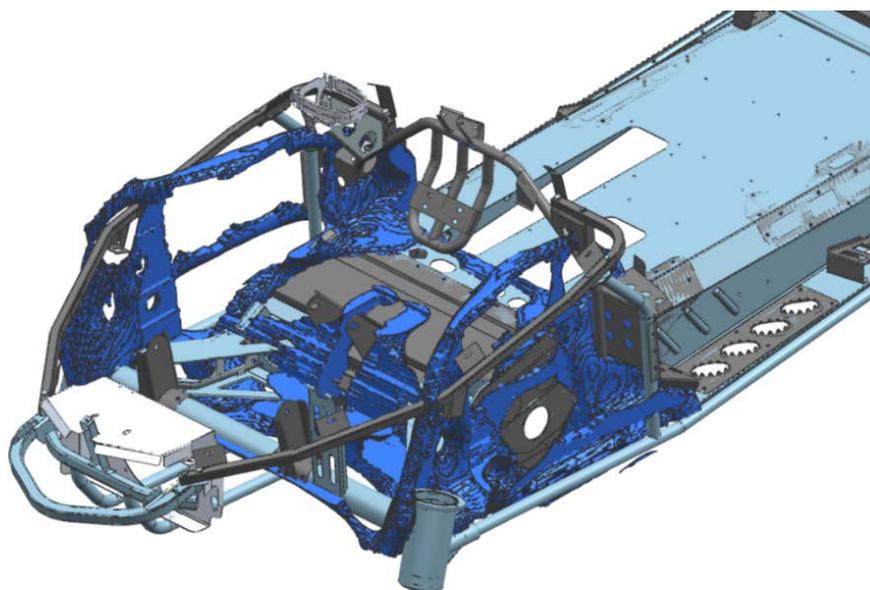


Рис. 5. Результат топологической оптимизации и конструкция передней части несущей системы

Результат топологической оптимизации реализуется в реальную конструкцию, при этом учитывается удобство сборки, технологичность производства элементов несущей системы и стоимость ее изготовления. Алюминиевые элементы конструкции передней части несущей системы выполняются из листового металла, которые в дальнейшем образуют готовые к установке узлы. Такой подход повышает эффективность сборочной линии и уменьшает затраченное на процесс сборки время.

Далее был проведен поверочный расчет спроектированной несущей системы снегохода повышенной грузоподъемности, на основании которого получена огибающая картина напряженно-деформированных состояний всех нагрузочных режимов (рисунок 6).

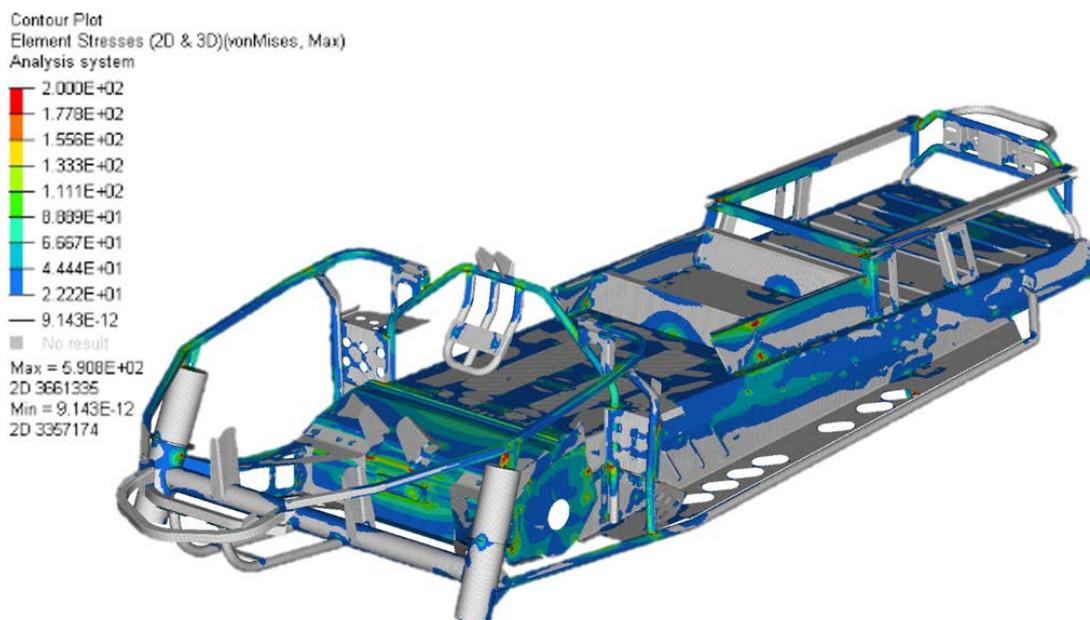


Рис. 6. Напряженно-деформированное состояние спроектированной несущей системы

Спроектированная несущая система, показанная на рисунке 7, преимущественно состоит из алюминиевых деталей и узлов, усиленных стальными элементами. Из алюминиевого сплава выполнены следующие элементы: тоннель, передняя часть несущей системы, направляющее устройство подвески. Данные элементы показаны на рисунке 7. Кронштейны двигателя, дуги крепления пластикового обвеса, дуга крепления рулевой колонки, крепление заднего съемного сиденья, усилители тоннеля, кронштейны задней подвески изготовлены из стального сплава.

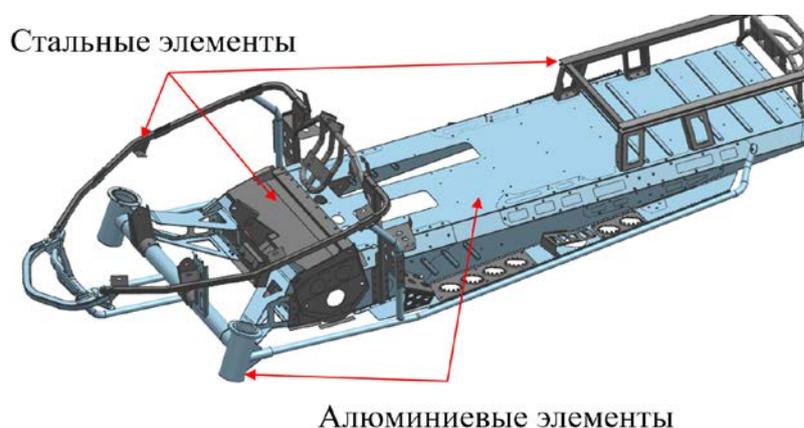


Рис. 7. Внешний вид разработанной несущей системы

Оригинальность разработанной несущей системы заключается и в способе крепления алюминиевой передней части к задней части: по всей длине тоннеля приклепывается труба, идущая от стакана передней подвески. Что позволяет равномерно распределить нагрузку от подвески по всей несущей системе. Данная авторская конструкция защищена патентом [5].

Разработанные решения были реализованы и апробированы в опытном образце снегохода повышенной грузоподъемности с облегченной несущей системой (рисунок 8).



а



б

Рис. 8. Изготовленный образец несущей системы:
а – несущая система в сборе, б – задняя часть несущей системы

Заключение

Разработанная несущая система снегохода повышенной грузоподъемности обладает на 25 % меньшей массой по сравнению с серийными образцами. Уменьшение массы несущей системы позволяет увеличить грузоподъемность снегохода, среднюю скорость движения и другие эксплуатационные характеристики.

Расчет прочности несущей системы снегохода, проведенный методом конечных элементов, показал обеспечение требуемого коэффициента запаса прочности.

Список литературы

1. Ryan R.R. ADAMS / R.R. Ryan // In Supplement to Vehicle System Dynamics. - 1993. - V. 22. - P. 144-152.
2. Mike Dempsey, Garron Fish, Juan Gabriel Delgado Beltran. High fidelity multibody vehicle dynamics models for driver-in-the-loop simulators/ Proceedings of the 11th International Modelica Conference September 21-23, 2015, Versailles, France. P 273 - 280.
3. Farid M. L. Fundamentals of multibody dynamics: theory and applications. Birkhauser - 2006.
4. Н. Bremer Elastic Multibody Dynamics. - Springer Science+Business Media, B.V. - 2008.
13. Kong Y.S., Abdullah S., Omar M.Z., Haris S.M. Side force analysis of suspension strut under various load cases/ Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering). 2016. Т. 78. № 6. С. 85-90.
5. Патент РФ № 2019145141, 30.12.2019. Алюминиевое направляющее устройство телескопической подвески рулевых лыж снегохода с креплением на раме снегохода // Патент России № 198949. 2020. Бюл. № 22. / Зинатуллин Д.Р., Дьяков А.С., Евсеев К.Б. [и др.].

АВТОРЫ

Левенков Ярослав Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра СМ10 «Колесные машины» ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана» (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), +7 916 904 66 60, lique87@mail.ru. ORCID 0000-0001-6556-3232.

Лебедев Денис Романович, аспирант, кафедра СМ10 «Колесные машины» ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана» (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), +7 962 917 56 20, denis26788@mail.ru. ORCID 0000-0002-7558-611X.

Machines & Plants Design & Exploiting

Electronic journal
International Public Organization
“Integration strategy”
<http://maplants-journal.ru>

// *Machines and Plants: Design and Exploiting*.
2023. № 4. pp. 21 – 29.

DOI:

Received: 24.11.2023

Accepted for publication: 10.12.2023

© International Public Organization “Integration strategy”

The use of topological optimization methods in the early stages of snowmobile carrying system design

Yaroslav Y. Levenkov*,
Denis R. Lebedev

* lique87@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation

When creating modern models of vehicles, including snowmobile motor vehicles, special attention should be paid to the design of power elements, since their careful study allows to increase operational characteristics, for example, load capacity, average speed, controllability, and others. There are various ways to reduce the mass of the power elements of the vehicle: the development of rational power schemes for the perception of loads and the replacement of materials with stronger and lighter ones.

The purpose of the study is to develop a snowmobile carrier system that meets the requirements for strength and minimum weight.

The article describes the process of creating a lightweight carrier system using topological optimization methods for a snowmobile with increased payload.

The object of the study is snowmobile motor vehicles. The subject of the study is the use of topological optimization at the early stages of designing the snowmobile carrier system in order to obtain a rational power circuit and reduce the dead weight of the snowmobile frame.

On the example of a utility snowmobile, the main stages of designing the power circuit of the front part of the carrier system of snowmobile motor vehicles are presented. The basic initial data necessary for the development of its concept are determined. As a result of the work, a lightweight carrier system was made from aluminum and steel materials.

Keywords: snowmobile, carrier system, topological optimization, design area, finite element method, increased load capacity, virtual prototype, interpretation of optimization results loads.

References

1. Ryan R.R. ADAMS / R.R. Ryan // In Supplement to Vehicle System Dynamics. - 1993. - V. 22. - P. 144-152.
2. Mike Dempsey, Garron Fish, Juan Gabriel Delgado Beltran. High fidelity multibody vehicle dynamics models for driver-in-the-loop simulators/ Proceedings of the 11th International Modelica Conference September 21-23, 2015, Versailles, France. P 273 - 280.
3. Farid M. L. Fundamentals of multibody dynamics: theory and applications. Birkhauser - 2006.

4. H. Bremer Elastic Multibody Dynamics. - Springer Science+Business Media, B.V. - 2008.
 13. Kong Y.S., Abdullah S., Omar M.Z., Haris S.M. Side force analysis of suspension strut under various load cases/ Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering). 2016. T. 78. № 6. C. 85-90.
 5. Patent of the Russian Federation No. 2019145141, 12/30/2019. Aluminum guide device for telescopic suspension of snowmobile steering skis with mounting on a snowmobile frame // Russian Patent No. 198949. 2020. Byul. No. 22. / Zinatullin D.R., Dyakov A.S., Evseev K.B. [et al.].
-

AUTHORS

Yaroslav Y. Levenkov, candidate of technical sciences, docent of the Department "Wheeled Machines" of the Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 2nd Bauman str., 5, p. 1, 105005, Russian Federation, +7 916 904 66 60, lique87@mail.ru. ORCID 0000-0001-6556-3232.

Denis R. Lebedev, graduate student of the "Wheeled Machines" Department of Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 2nd Bauman str., 5, p. 1, 105005, Russian Federation, +7 962 917 56 20, denis26788@mail.ru. ORCID 0000-0002-7558-611X.