

УДК 624.072.22

## **ВЛИЯНИЕ ОБЕЧАЙКИ НА ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ В НАПРАВЛЯЮЩЕЙ СОТОВОГО ПАКЕТА**

***Подшивалов Сергей Федорович,***

*Филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Пенза,  
кандидат технических наук, преподаватель кафедры общепрофессиональных дисциплин.*

***Зайцев Михаил Борисович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

***Привалов Илья Игоревич,***

*Филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Пенза,  
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общепрофессиональных дисциплин.*

***Дуганов Дмитрий Павлович,***

*Филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Пенза,  
курсант второго курса.*

### **Аннотация**

Рассмотрен вариант усиления сотового пакета направляющих для пуска реактивных снарядов обечайкой в виде стальной ленты, который позволяет уменьшить отрицательное влияние контактных напряжений и местных деформаций от нижнего пояска снаряда при его выходе на верхний обрез. Для полного включения в работу ее необходимо прикрепить к каждой направляющей. Она создает в местах контакта с кассетой упругоподатливую

опору, которая препятствует перемещениям и помогает вернуться направляющим в исходное положение после выстрела.

**Ключевые слова:** сотовый пакет, напряжения, перемещения, расчет, обечайка, лента, МКЭ.

## **THE EFFECT OF THE SHELL ON DEFORMATIONS AND STRESSES IN THE GUIDE OF THE CELLULAR PACKAGE**

***Podshivalov Sergey Fedorovich,***

*Branch of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Krulyov, Penza,*

*Candidate of Sciences, Lecturer of the department of general professional disciplines.*

***Zaytsev Mihail Borisovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Mechanics".*

***Privalov Ilya Igorevich,***

*Branch of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, Penza,*

*Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the department of General Professional Disciplines.*

***Duganov Dmitry Pavlovich,***

*Branch of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, Penza,*

*second-year cadet.*

Увеличение дальности стрельбы в модификациях системы реактивного залпового огня «Град» привело значительному увеличению веса пакета направляющих и в целом всей установки. Одним из направлений его снижения является использование рациональной формы поперечного сечения пакета, обладающего наибольшими радиусами инерции относительно главных

центральных осей. Первая попытка применения рациональной формы в виде швеллера выполнена в установке «Смерч». В ней стенка расположена горизонтально, а полки вертикально. Однако, открытая незамкнутая форма не очень эффективно работает на сложное сопротивление [1]. Выбор такой конфигурации поперечного сечения пакета обусловлен расположением подъемно-поворотных механизмов в середине платформы тягача.

Перспективным для снижения веса является направление, связанное с использованием композиционных материалов, армированных высоко-модульными нитями. Однако ее стоимость в настоящее время достаточно высокая. Как следует из информации, размещенной в интернете, интенсивные разработки таких материалов ведутся в США и России.

Третьим вариантом снижения веса является использование сотового пакета полученного на основе правильного шестигранника в [2]. В разработанной кассете внешние стенки направляющих выполняются в виде сектора кольца с внутренней дугой окружности, вписанной в правильный шестиугольник. Следует заметить, что в такой конструкции между направляющими нет зазора в свету, и они представляют собой единое целое. Потому жесткость поперечного сечения возрастает в отличие от классического варианта в системе «Град-21». В [3] выполнены исследования, подтверждающие эффективность предложенной сотовой модели пакета. Его вес снизился на 25 %. Значительно, в 8,4 раза уменьшились напряжения при изгибе. Уменьшение максимального перемещения верхнего среза пакета составило 16,5 раза. Однако оценка сопротивления стенки сот на местную нагрузку от давления снаряда при выходе из них не производилась. В работе исследуется особенности напряженно-деформированного состояния в верхнем сечении направляющей при вылете одного снаряда.

Размеры площадки передачи местной нагрузки составляют 4 x 60 мм. Исследование проводилось с использованием программного комплекса Solidwork Simulation Professional. Расчетной модель представлена на рис. 1.

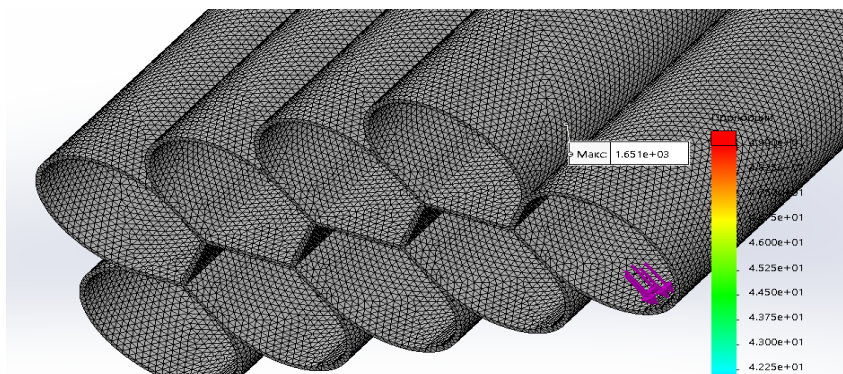


Рисунок 1 – Схема разбивки сотового пакета м к э

Принят конечный элемент в виде тетраэдра. Схема расположения местной нагрузки показана на рис. 2. Равнодействующая давления в первом приближении составляет 3000 Н.

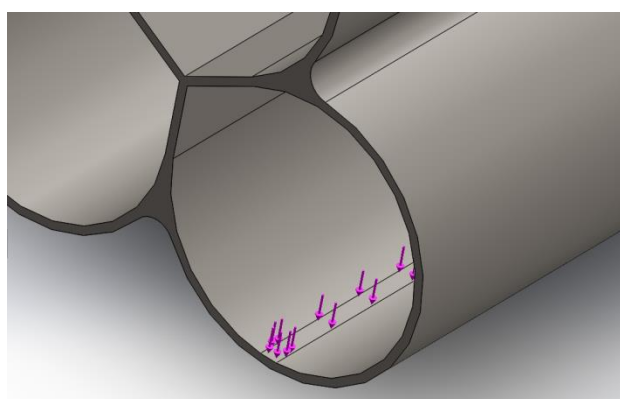


Рисунок 2 – Схема приложения давления от снаряда

Приняты следующие исходные данные для стали: модуль упругости 210 ГПа, коэффициент Пуассона 0,28, модуль сдвига 79 ГПа, плотность 78 кН/м<sup>3</sup>.

Результат вычислений представлен на рис. 3, где показана качественная картина изменения эквивалентных напряжений по всему пакету направляющих.

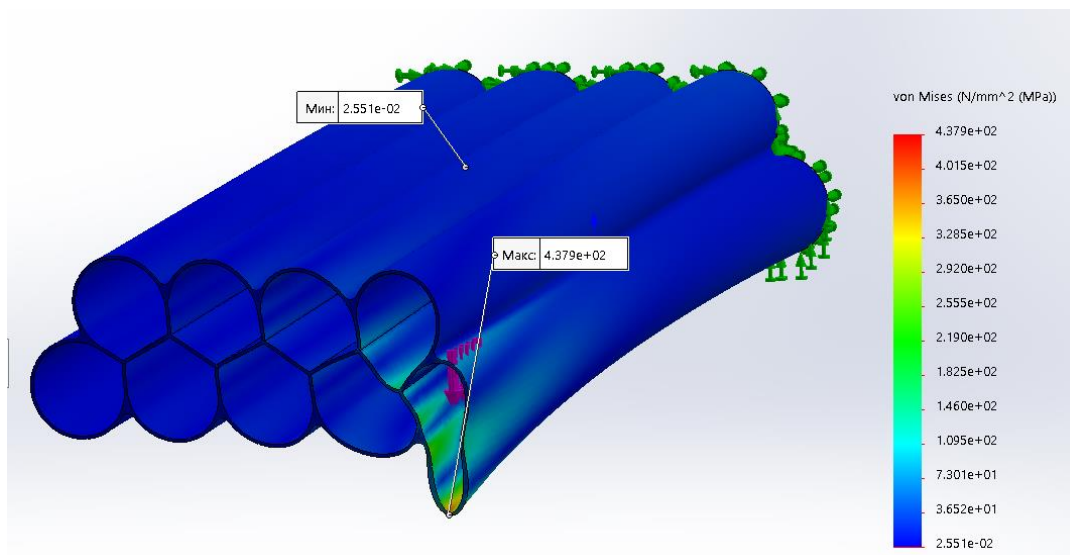


Рисунок 3 – Общий вид распределения эквивалентных напряжений

Анализ картины напряжений показал, наибольшие напряжения равны 438 МПа. При этом максимальное перемещение площадки нагружения по вертикали составило 0,93 мм.

В настоящее время для уменьшения местных напряжений и перемещений в системе «Град-21» используется стальная обечайка, которая закрепляется по периметру верхнего среза каждой трубы. Для сотовой кассеты в первом варианте предлагается использовать ее в виде стальной ленты [4] сечением 2,5 x 30 мм. Она охватывает цилиндрические поверхности всех направляющих (рис. 4). Для исключения слабины натяжения и включения в работу лента может устанавливаться в проектное положение с натягом с помощью предварительного нагрева.

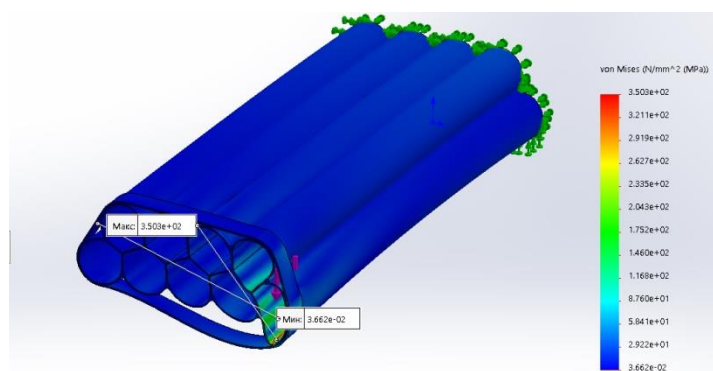


Рисунок 4 – Влияние обечайки на распределение напряжений

Использование обечайки приводит к уменьшению напряжений в 1,2 раза, а перемещения в 1.16 раза. На рис. 4 видно провисание ленты у средних направляющих. Максимальное перемещение сот и значение напряжений можно еще снизить, если закрепить обечайку на соседней направляющей. Таким образом, уровень напряжений в пакете уменьшился 1.46 раза (рис. 5) по сравнению с вариантом без обечайки. При этом величина перемещения упала в 1.41 раза.

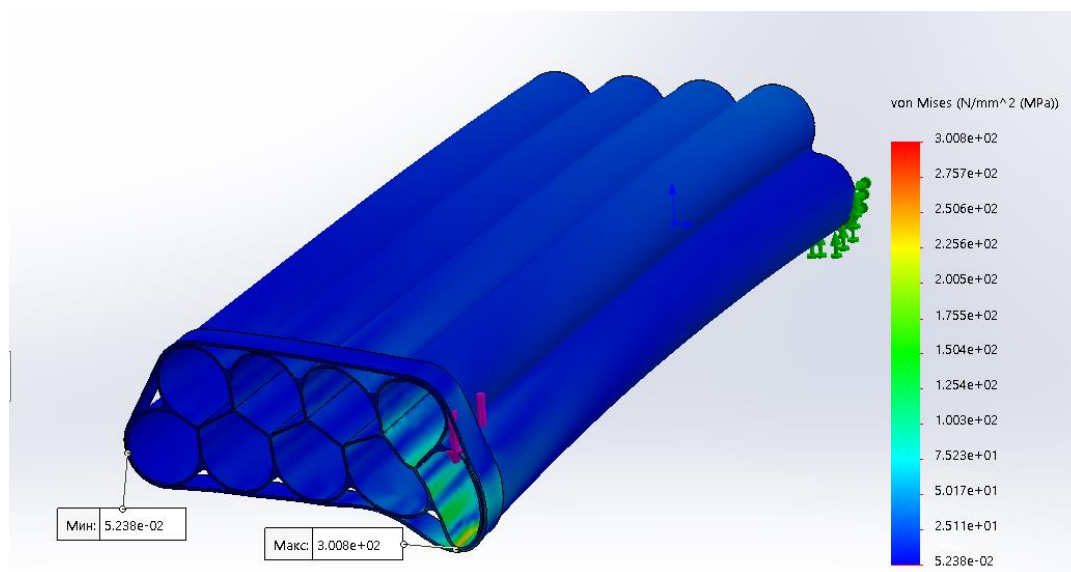


Рисунок 5 – Влияние закрепления обечайки в соседней направляющей

Следует заметить, что лента создает упругоподатливую опору в местах контакта с кассетой, которая препятствует перемещениям и возвращает направляющую в исходное положение после выстрела. Размеры поперечного сечения обечайки определяются на основании расчетов в зависимости от веса снаряда и толщины стенки сот.

### Выводы:

1. Использование обечайки в виде стальной ленты является эффективным средством для уменьшений местных напряжений и перемещений на верхнем срезе сотового пакета направляющих для реактивных снарядов.

2. Для полного включения в работу ее необходимо устанавливать с натягом путем предварительного нагрева и крепить к каждой направляющей.

### **Библиографический список:**

1. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. М.: Изд. Наука. 1965. 856 с.

2. Кассета с сотовой структурой направляющих для реактивных снарядов: пат. № 2728207 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 41 F 3/04. / Подшивалов С. Ф.; заявитель и патентообладатель Филиал ВА МТО имени генерала армии А. В. Хрулёва (г. Пенза); заявл. 28.10.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл. № 22.

3. Подшивалов С.Ф., Зайцев М.Б. Напряженно-деформированное состояние плоской кассеты с сотовой структурой направляющих для реактивных снарядов [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2021. №13. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no13/stroitel'naya-mehanika/13.5/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no13/stroitel'naya-mehanika/13.5/at_download/file)

4. Обечайка сотовой кассеты направляющих для реактивных снарядов: пат. № 206172 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F 41 F 3/04. / Подшивалов С. Ф., Подшивалова К.С., Привалов И. И., Вдовикина О. А., Дуганов Д. П., Лахно Д. Д.; заявитель и патентообладатель Филиал ВА МТО имени генерала армии А. В. Хрулёва (г. Пенза); заявл. 11.05.2021; опубл. 26.08.2021, Бюл. № 24.