

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Московский государственный  
технический университет им. Н. Э. Баумана»

ПРИМЕР

ОТЧЕТ

о выполнении домашнего задания

«Моделирование оптимальной топологии деталей устройств»

по курсу

«Конструирование элементов грузоподъемных машин»

Вариант см. иллюстрацию

Выполнил: Фамилия И. О.

Группа: РК4-51

Проверил: Фамилия И. О.

Москва, 2016

## Введение

В крупных городах при освоении парковочного пространства нередко применяют системы парковки автомобилей (СПА), обеспечивающие по сравнению с традиционными автостоянками существенно более компактное размещение автомобилей в пределах пространства, выделенного для парковки.

В зависимости от уровня механизации различают полностью автоматизированные и механизированные системы парковки автомобилей. В первом случае участие пользователей автостоянки в постановке автомобиля на хранение минимально. В таких системах автомобили по очереди принимаются от пользователей в специальных помещениях, где автомобили устанавливаются на средства захвата автомобилей механизированного устройства, транспортирующие их к местам хранения и перегружающие на них эти автомобили. В механизированных СПА пользователи самостоятельно устанавливают свои автомобили на места их хранения, которые под управлением пользователей могут быть перемещены в область передачи автомобилей. В зависимости от подвижности мест хранения (с автомобилями либо без них) различают СПА с подвижными, стационарными и с частично подвижными частично стационарными местами хранения.

В СПА с подвижными местами хранения в ряде случаев выполнение парковочной операции (постановка автомобиля на хранение и/или его выдача) сопровождается одновременным перемещением большого числа поддонов с хранящимися на них автомобилями, что неблагоприятно отражается на энергопотреблении системы в целом. В частности, снижение массы подвижных компонентов (каретки, челноки, подъемные платформы и др.) СПА и поддонов позволяет сократить энергопотребление СПА. Далее остановимся на вопросах снижения массы поддонов СПА.

**Цель работы** – получить первичные навыки проверки геометрической формы изделий на оптимальность на начальных этапах их конструирования.

### **Задание**

Построить оптимальную геометрическую форму (2D) поперечного сечения поддона для полностью автоматизированной СПА. При построении использовать свободное программное обеспечение.

### **Исходные данные**

Поставленная задача решается применительно к конструкции поддона, схема которого приведена на рис. 1 и 2.

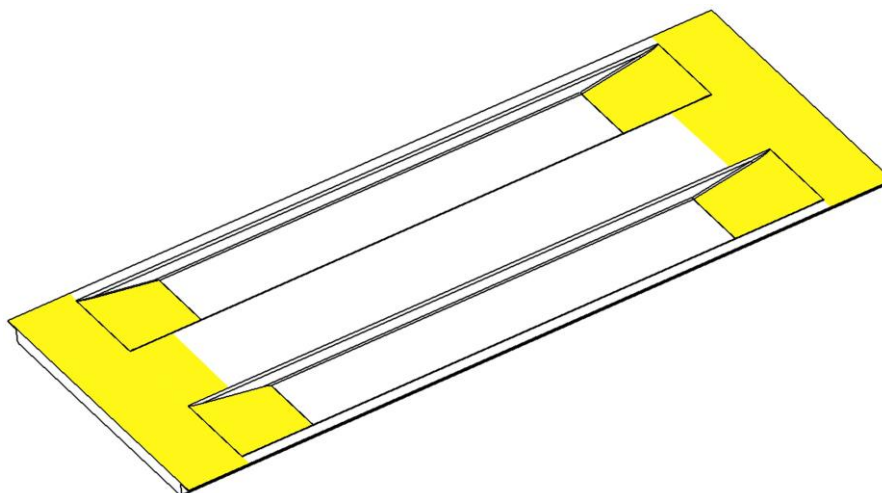


Рис. 1. Схема поддона полностью автоматизированной СПА

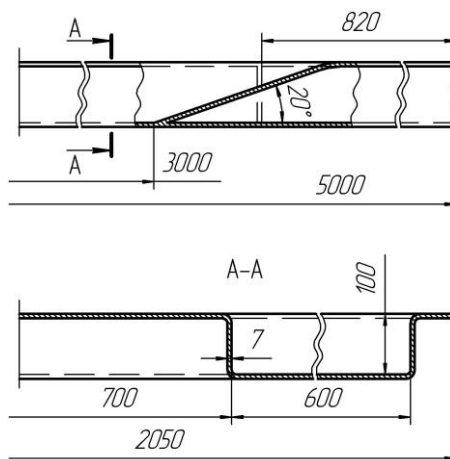


Рис. 2. Конструктивное исполнение поддона без катков: разрез вдоль поддона (сверху), разрез поперек поддона (снизу)

## **Анализ схемы и краткое изложение порядка построения модели**

Исследуемый поддон имеет плоское исполнение и симметричен по двум плоскостям. На нем предусмотрена колея с парой желобов, способствующая размещению хранящегося на поддоне автомобиля в требуемом положении, как в поперечном, так и продольном (направление въезда автомобиля на поддон) направлениях. По боковым бортам поддон опирается на катки. Поперечную жесткость поддона обеспечивают его выделенные на рис. 1 участки.

Поиск оптимальной топологии части поддона осуществляется с применением свободного программного обеспечения TopOpt 2D, позволяющего строить соответствующие модели в двумерном пространстве.

Построение оптимальной геометрической формы (2D) поперечного сечения поддона целесообразно производить в следующем порядке:

1. Задаются размеры рабочей области программного интерфейса с учетом пропорций исследуемого объекта.
2. Назначаются ограничения, учитывающие характер опирания поддона на катки (может проскальзывать в поперечном направлении), а также его симметричность.
3. Исключается из рабочей области ее часть, в которой не могут находиться элементы построения из-за того, что там располагаются катки.
4. Регулируется показатель процентного отношения площади заполнения рабочей области элементами построения до приемлемого значения.
5. Анализируется результат создания программой элементов построения и при необходимости вносятся изменения в операции, выполненные на предыдущих шагах.

## Построение модели

### 1. Задание размеров рабочей области программного интерфейса.

Поскольку ширина поддона намного превышает его высоту, то для достижения максимума качества результатов построения задается максимальная ширина рабочей области и минимальная высота, составляющие 400 и 104 единиц соответственно (рис. 3).



Рис. 3. Задание размеров рабочей области

### 2. Отсечение части рабочей области.





Для большего приближения к реальному отношению высоты и ширины поддона часть рабочей области программного интерфейса исключается из области построения, посредством отделения верхней половины от нижней с применением инструмента «Passive element – void»  (рис. 4).



Рис. 4. Исключение части рабочей области из области построения

### 3. Назначение ограничений.

Вначале нагрузка перемещается в область ее приложения. А затем назначаются ограничения, учитывающие действительное закрепление поддона при его эксплуатации.

Поскольку поддон имеет симметричную конструкцию, рассматривается лишь его правая половина. «Отбрасывание» левой половины компенсируется наложением в левой части рабочей области вертикально ориентированного распределенного закрепления, позволяющего вертикальное перемещение (рис. 5). Такое закрепление создается с применением следующих инструментов: «Add sliding support» , «Rotate item»  и «Distribute item» .

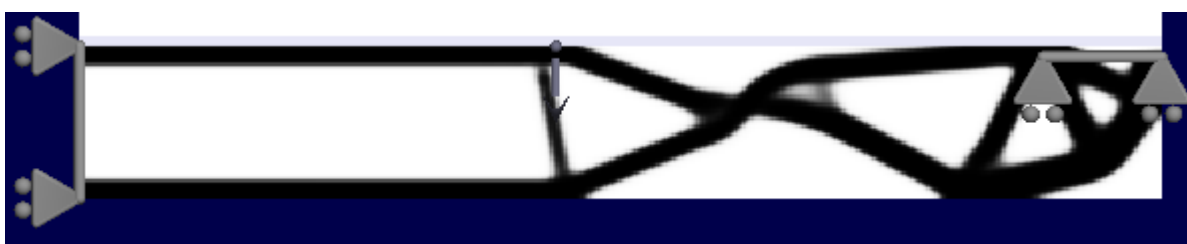


Рис. 5. Назначение ограничений

Аналогичным образом создается второе закрепление, имитирующее опирание поддона на катки (в правой части рабочей области), которое также позволяет относительное перемещение элементов построения, но в горизонтальном направлении.

### 4. Исключение части рабочей области под размещение катков.

Поскольку поддон опирается на катки, необходимо предусмотреть пространство для их размещения, находящееся непосредственно под правым закреплением (рис. 6).

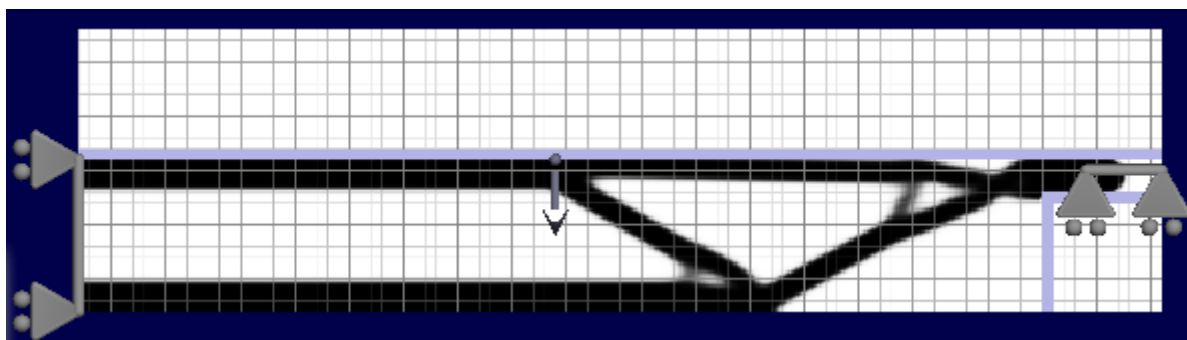



Рис. 6. Исключение части рабочей области под катки

## 5. Моделирование нагрузки от колеса автомобиля. Результат.

На поддон могут заезжать автомобили разных размеров и колеса могут вставать на рассматриваемый участок поддона в широком диапазоне, а потому сосредоточенную нагрузку следует преобразовать в распределенную таким образом, чтобы она охватывала всю область контакта колеса с поддоном. Данная операция совершается над сосредоточенной нагрузкой с применением инструмента «Distribute item»  (рис. 7).

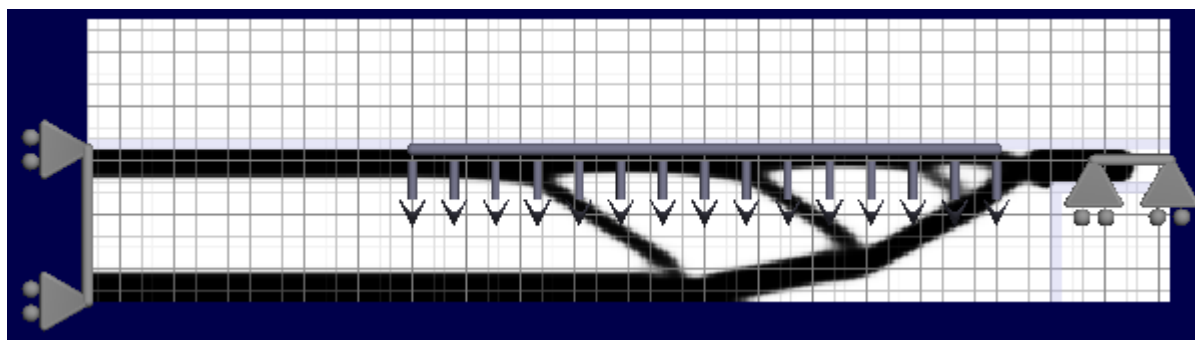





Рис. 7. Назначение нагрузки

Работу над моделью можно считать завершенной. Для получения требуемого результата можно воспользоваться функцией «Volume fraction»  с тем, чтобы подобрать наиболее подходящие толщины элементов построения, а также функцией «Restart» , позволяющей возобновить поиск оптимальной топологии элементов построения с начала, что в некоторых случаях дает новые результаты.

## 6. Включение в рабочую область региона с материалом.

Если исследуемая часть поддона будет построена на основе гнутого листа, составляющего центральную часть поддона, то результаты, представленные на рис. 7, не являются окончательными, поскольку в модель необходимо внести информацию об элементах, имеющихся в конструкции в любом случае. Они представлены на рис. 8 и получены при помощи инструмента «Passive element – material» .

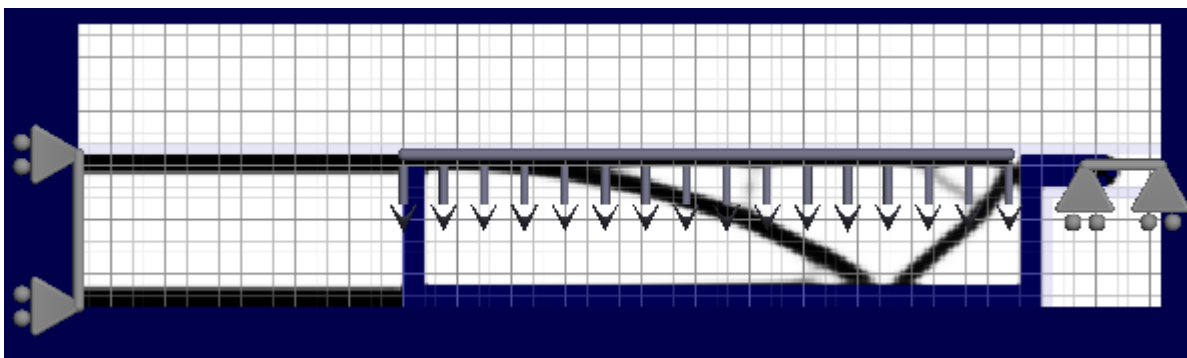



Рис. 8. Добавление региона с материалом

7. Возобновление поиска оптимального решения «Restart». Результат.

Активизация функции «Restart»  привела к получению результатов (рис. 9), отличных от полученных на предыдущем этапе.

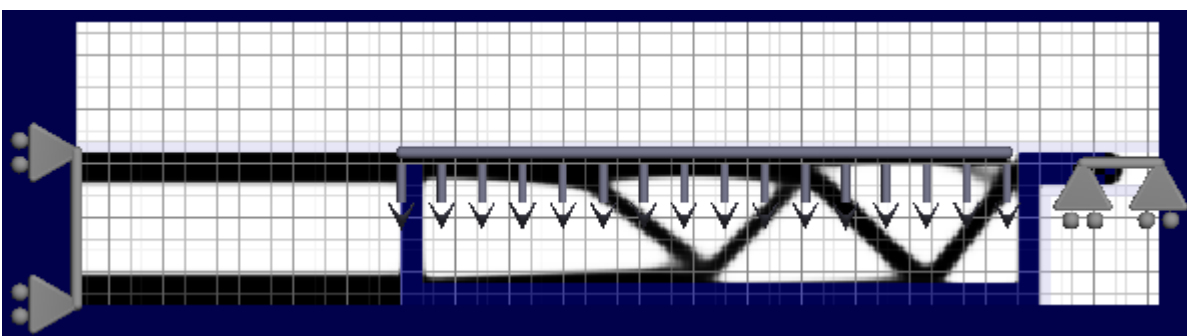


Рис. 9. Результат повторного построения

### Выводы

1. Получена пара оптимальных вариантов топологии поперечного сечения части поддона, требующих адаптации к внедрению в виде реальной конструкции. Такая адаптация включает, в частности, создание технологичной модели конструкции поддона и ее проверку на прочность.

2. Результат, полученный в п. 7, по сравнению с результатом в п. 5 дает более металлоемкое решение.

3. Установлено, что для моделирования опирания поддона на катки (в правой части рабочей области на рис. 5) целесообразно применять более простое закрепление – шарнирно-подвижную опору. Назначенное закрепление воспринимает момент, что не наблюдается в реальной системе. Результаты

топологической оптимизации поддона с учетом этого замечания примут следующий вид (рис. 10).

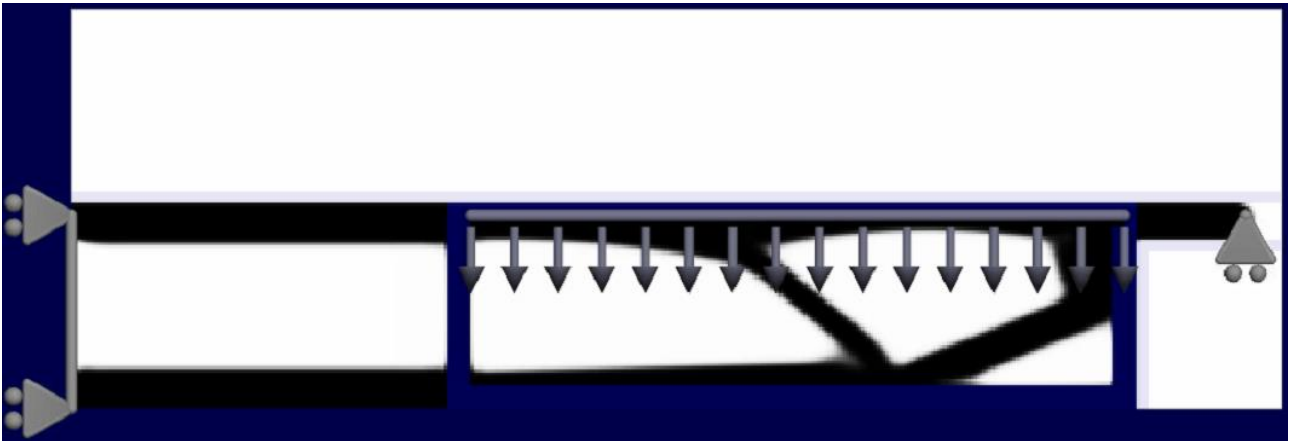


Рис. 10. Уточненные результаты топологической оптимизации поддона, полученные в результате изменения способа закрепления

4. Полученные на рис. 10 результаты примут иной вид (рис. 11), если допустить, что в добавлении региона с материалов (рис. 8) нет необходимости.

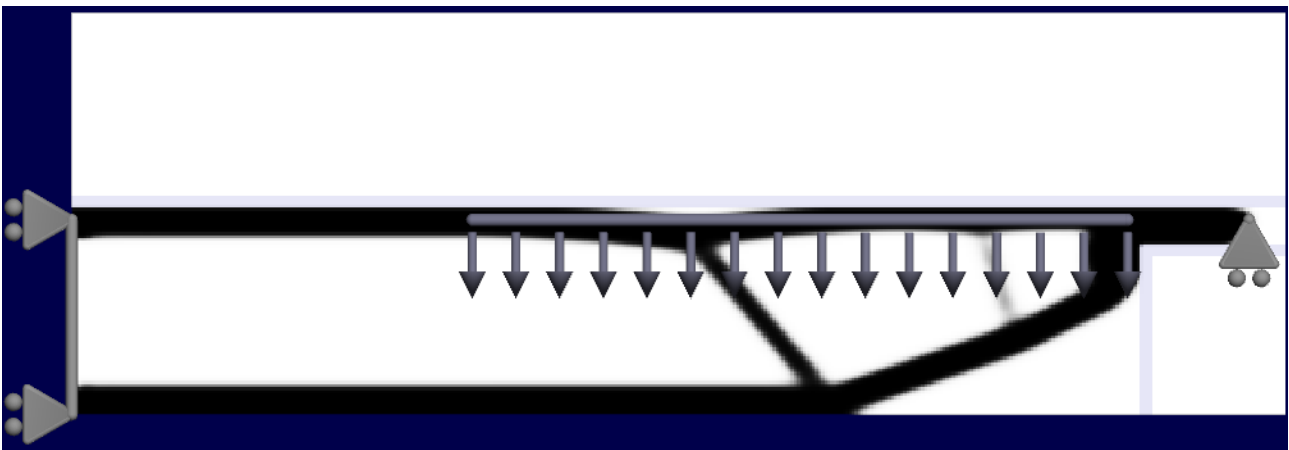


Рис. 11. Результаты для п. 3 выводов, полученные после исключения региона с материалом