

УДК 62-788.2

**Методика расчёта гидравлического демпфера-отбойника
пневмогидравлической рессоры транспортного средства**

М.А. Андреев

*Аспирант, кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Семёнов С.Е., к.т.н., доцент кафедры «Гидромеханика,
гидромашины и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Andreev@e10-bmstu.ru

Введение

Одним из важнейших элементов подвески транспортного средства является отбойник, который служит буфером между подвижными элементами подвески и кузовом. Этот элемент подвески смягчает удары в случае пробоя подвески, не допуская пластических деформаций конструкции. В качестве отбойников часто используются резиновые упругие элементы, которые ограничивают ход подвески в случае её пробоя. К достоинствам данного типа отбойников можно отнести простоту конструкции, низкую стоимость и высокую надёжность. В качестве недостатков необходимо отметить невысокий ресурс, относительно большие габариты и невозможность настройки.

В случае применения пневмогидравлической подвески [1] удобно использовать в качестве отбойника демпфер в конце хода гидроцилиндра пневмогидравлической рессоры. В отличие от резиновых упругих элементов, процесс рассеивания кинетической энергии не сопровождается механическими деформациями, а следовательно не становится причиной износа элементов подвески [2]. Кроме того, применение гидравлического

демпфера-отбойника позволяет производить подстройку характеристик демпфера в процессе эксплуатации.

Данная работа посвящена описанию методики расчёта демпфера отбойника с учётом особенностей его применения в конструкции пневмогидравлической рессоры (ПГР).

1. Принцип действия демпфера-отбойника ПГР

Принципиальная схема демпфера-отбойника в составе пневмогидравлической подвески показана на рисунке 1.

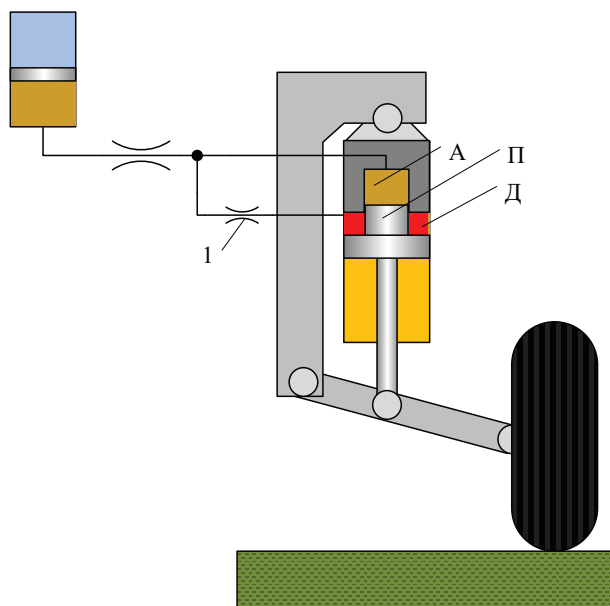


Рис. 1. Демпфер-отбойник в составе пневмогидравлической подвески

При достижении поршнем гидроцилиндра положения отбоя, плунжер П входит в камеру А, образуя таким образом кольцевую камеру Д. Жидкость из этой камеры вытесняется в камеру А через дроссель 1. Давление, возникающее в камере, создаёт тормозящую силу, действующую на поршень. Избыточная кинетическая энергия выделяется в тепло, которое идёт на нагрев рабочей жидкости и стенок ПГР.

2. Постановка задачи

Исходными данными для расчёта гидравлического демпфера являются:

- скорости перемещения подрессоренной и непрорессоренной масс подвески в момент касания отбойника (определяется из моделирования движения машины по неровностям);
- давления в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндра в момент касания отбойника (определяется упругой и демпфирующей характеристиками ПГР);

Основные ограничения, которые необходимо учитывать при расчёте параметров демпфера:

- максимальное усилие на гидроцилиндре (определяется прочностью элементов подвески);
- максимальное давление в полости демпфера (определяется прочностью внутренних элементов конструкции корпуса ПГР);

3. Математическая модель процесса работы гидравлического демпфера

Математическое моделирование физических процессов проводится для момента соприкосновения поршня гидроцилиндра с плунжером отбойника. Так же рассматривается худший случай взаимодействия поддрессоренной и неподдрессоренной масс, т.е. когда вся рассеиваемая энергия заключается в кинетической и потенциальной энергии поддрессоренной массы (неподдрессоренная масса неподвижна). В этом случае в рассеянии энергии не задействована шина.

Давление в поршневой и штоковой полости принимается неизменным с момента касания отбойника в виду того, что демпфер должен создавать основную составляющую силы противодействия.

Расчётная схема показана на рисунке 2.

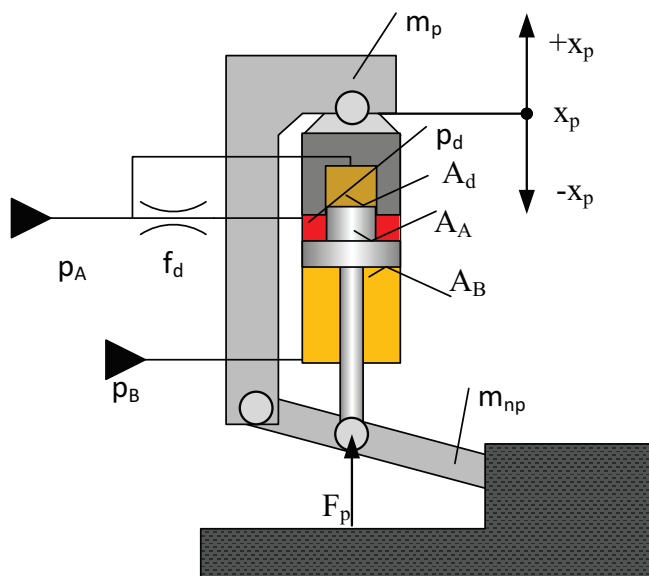


Рис. 2. Расчётная схема

Уравнение движения поддрессоренной массы записывается следующим образом:

$$m_p \cdot \frac{dv_p}{dt} = \frac{1}{k_k} \cdot (p_d \cdot (A_A - A_d) - p_B \cdot A_B + p_A \cdot A_d) - m_p \cdot g$$

где m_p – величина поддрессоренной массы;

v_p – скорость перемещения поддрессоренной массы;

p_d – давление в демпфирующей полости;

p_B – давление в штоковой полости гидроцилиндра;

p_A – давление в поршневой полости гидроцилиндра;

k_k – кинематический коэффициент;

A_A – площадь поршневой полости гидроцилиндра;

A_B – площадь штоковой полости гидроцилиндра;

A_d – площадь демпфирующей полости.

Давление в демпфирующей полости определяется из уравнения сжимаемости рабочей жидкости [3]:

$$\frac{dp_d}{dt} = \frac{E_F}{V_d(x)} \cdot \left(\frac{1}{k_k} \cdot (v_n - v_p) \cdot (A_A - A_d) - Q_d - Q_k \right)$$

где v_n – скорость перемещения неподдрессоренной массы);

Q_d – расход через дроссель демпфера;

Q_k – расход через кольцевую щель демпфера;

$V_d(x)$ – объём демпфирующей камеры;

E_F – приведённый объёмный модуль упругости рабочей жидкости;

Расход через дроссель определяется следующим уравнением:

$$Q_d = \mu_d \cdot f_d \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{|p_d - p_A|} \cdot \text{sign}(p_d - p_A)$$

где μ_d – коэффициент расхода дросселя;

f_d – площадь поперечного сечения дросселя;

ρ – плотность рабочей жидкости;

$$Q_k = 2,5 \cdot \frac{\pi \cdot d_d \cdot b_0^3}{12 \cdot \mu \cdot x} \cdot (p_d - p_A)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости рабочей жидкости.

Объём демпфирующей камеры связан с относительным перемещением поршня x следующим выражением:

$$V(x) = (A_A - A_d) \cdot (l_d - x)$$

где l_d – величина хода гидравлического демпфера (отбойника).

4. Расчёт параметров демпфера

Описанная выше математическая модель может быть использована для расчёта параметров демпфера по заданным параметрам поддрессоренной массы, пневмогидравлической рессоры, скорости удара в отбойник, а так же величине хода отбойника.

Методика расчёта проиллюстрирована на блок схеме, показанной на рисунке 3.

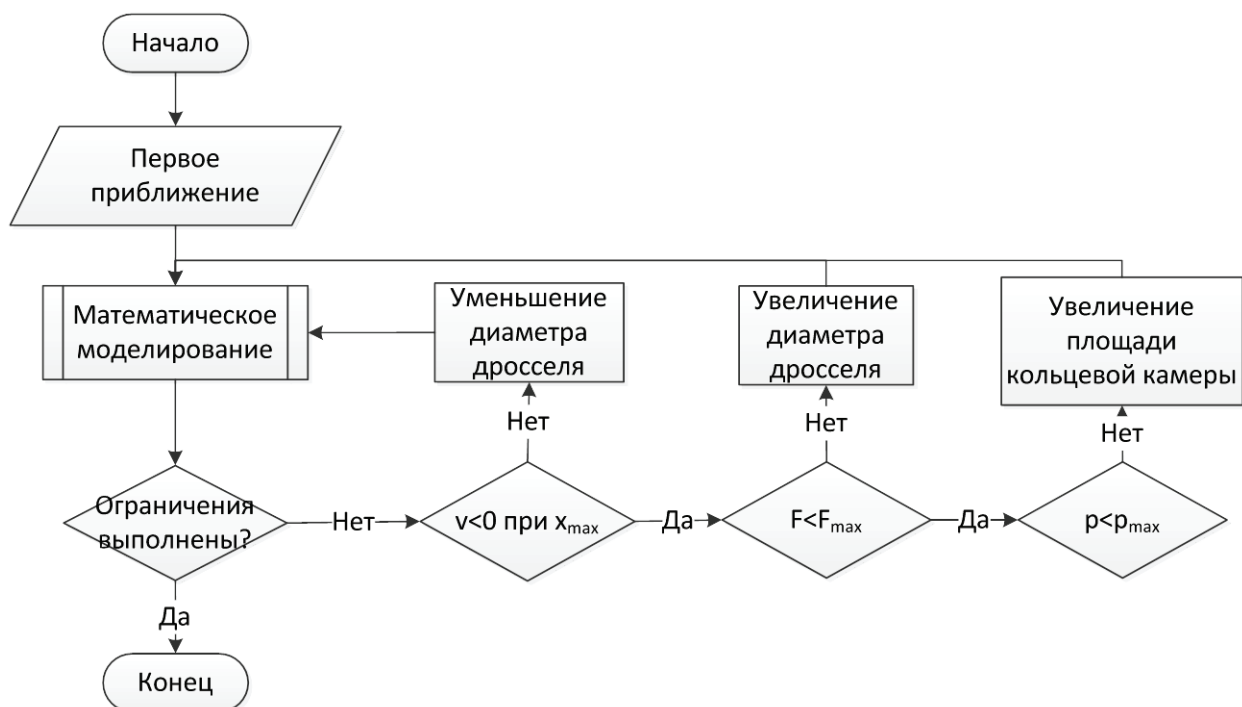


Рис. 3. Алгоритм расчёта демпфера-отбойника ПГР

Расчёт демпфера представляет собой итерационный процесс подбора диаметра дросселя и площади поршневой камеры. После ввода первого приближения, производится математическое моделирование процесса отбоя подвески. По его результатам <http://sntbul.bmstu.ru/doc/555018.html>

производится сравнение скорости перемещения поршня гидроцилиндра в конце хода отбойника, максимальной силы ПГР и максимального давления в камере отбойника с допустимыми значениями. В случае если скорость перемещения поршня гидроцилиндра на момент достижения положения конца хода отбойника, больше нуля, необходимо уменьшить диаметр дросселя с тем, чтобы увеличить степень дросселирования рабочей жидкости. При превышении значения максимальной силы ПГР, напротив, необходимо увеличить диаметр дросселя. Если при выполнении этих двух условий, давление в демпфирующей камере превышает максимально допустимое, необходимо увеличить её активную площадь.

Задача изменения параметров конструкции в ходе поиска решения по представленному алгоритму может решаться методами математического программирования.

На рисунках 4-7 показаны переходные процессы иллюстрирующие подведение подвески при работе демпфера-отбойника, на основе анализа которых производится изменение параметров конструкции в ходе поиска.

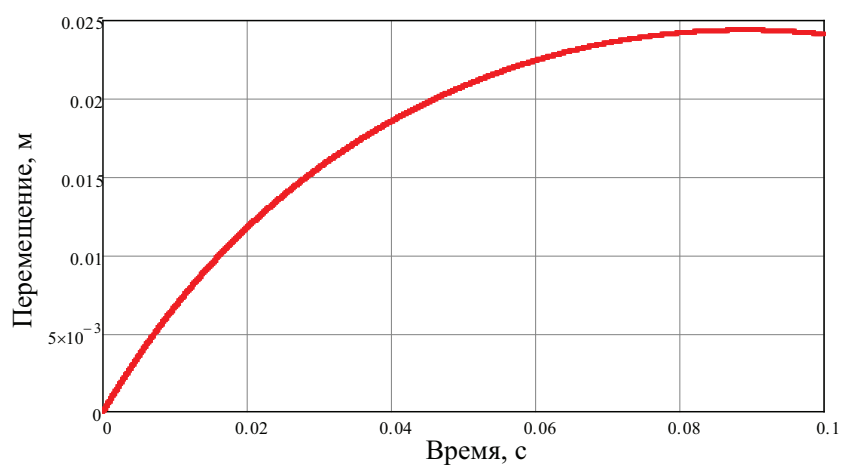


Рис. 4. Переходный процесс перемещения поршня гидроцилиндра

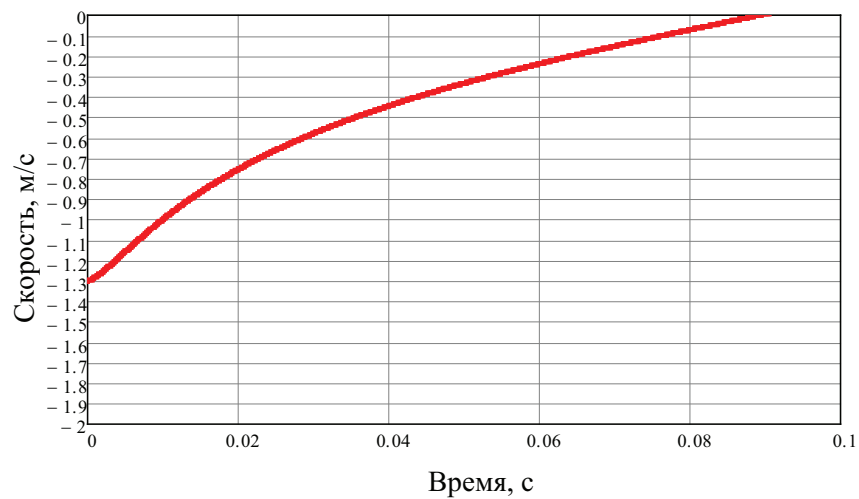


Рис. 5. Переходный процесс скорости перемещения подрессоренной массы

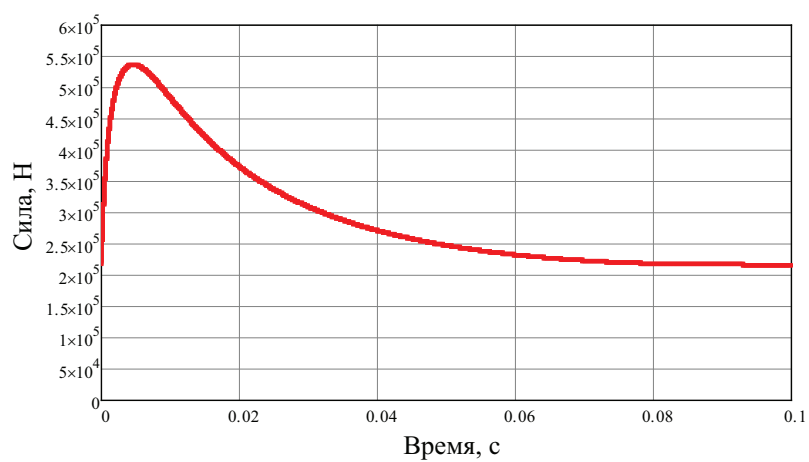


Рис. 6. Переходный процесс силы со стороны гидроцилиндра

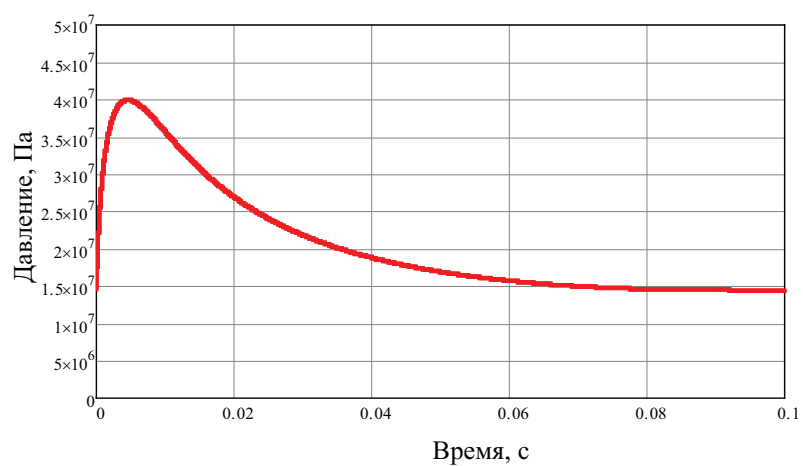


Рис. 7. Переходный процесс давления в полости демпфирования

Заключение

Предлагаемая методика расчёта демпфера-отбойника пневмогидравлической рессоры позволяет определить такие параметры как диаметр дросселя и активную площадь кольцевой камеры по заданным значениям скорости перемещения подрессоренной массы при ударе в отбойник. В качестве ограничений принимаются: максимальная сила ПГР и максимальное давление в полости демпфера.

Расчёт ведётся с учётом динамических процессов в гидравлическом демпфере-отбойнике. В математической модели учтены такие процессы как: сжимаемость рабочей жидкости, утечки через радиальный зазор плунжера и влияние гидроаккумуляторов ПГР.

Методика включает в себя алгоритм расчёта параметров, который позволяет автоматизировать процесс проектирования демпфера-отбойника.

Список литературы

1. Экспериментальное исследование нагрузочных характеристик двухкамерной пневмогидравлической рессоры подвески автомобильных платформ нового поколения средней и большой грузоподъёмности. Жилейкин М. М., Котиев Г. О., Сарач Е. Б.. Наука и Образование # 12, декабрь 2011.
2. Wolfgang Bauer. Hydropneumatische Federungssysteme. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.
3. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Москва «Машиностроение», 1987.