

УДК 629.3.027.3

**ВЕЛИКОДНЫЙ В.М.**, к.т.н., проф., НТУ «ХПИ»  
**МАМОНТОВ А.Г.**, асс., НТУ «ХПИ»

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЕМПФИРОВАНИЯ ПНЕВМОРЕССОРНОЙ ПОДВЕСКИ САМОХОДНОЙ МАШИНЫ**

Проведено аналіз чисельних даних, отриманих у результаті експериментальних випробувань параметрів демпфування системи підресорювання колісного трактора. Встановлено залежності відносного коефіцієнта демпфування від рівня тиску повітря й обсягу додаткового резервуара в системі пневморесорного підвищення самохідної машини.

**Введение.** С увеличением мощности двигателей энергонасыщенных колесных тракторов увеличилась скорость движения и динамическая нагруженность ходовых систем, что ухудшает параметры плавности хода самоходных машин; оказывает вредное воздействие на водителя, перевозимые грузы, ухудшает условия работы агрегатов и узлов, разрушает дорожные покрытия, в результате чего возникает необходимость улучшения плавности хода.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Движение самоходной машины по неровным дорогам сопровождается непрерывными колебаниями его подрессоренных и неподрессоренных частей. Интенсивные колебания подрессоренной части, вызывая быстрое утомление водителей, вынуждают их уменьшать скорости движения. Это существенно снижает подвижность самоходной машины и производительность её работы, а также препятствует полной реализации её тягово-динамических возможностей [1,2]. Из-за колебаний при движении по неровным дорогам возрастают динамические нагрузки на основные узлы и детали самоходной машины. При проектировании самоходной машины стремятся снизить её массу и уменьшить её стоимость, что приводит к снижению долговечности машины. Поэтому большинство деталей выходят из строя в основном из-за ускоренного расхода ресурса долговечности при повышении динамических нагрузок [2].

**Цель и постановка задачи.** Для снижения динамической нагруженности и улучшения плавности хода была разработана комбинированная пневморесорная подвеска для колесного трактора Т-150КМ. Её комплект состоит из листовой рессоры и пневматических резинокордных упругих элементов, соединённых с дополнительными воздушными резервуарами (гидравлические амортизаторы в подвеске отсутствуют) [3]. Пневматическая система рессорного подвешивания, как известно, обладает демпфирующей способностью. Целью эксперимента является определение степени демпфирования подвески при различных проходных сечениях дросселя и выбор его оптимального диаметра.

**Постановка эксперимента.** Повышение демпфирующей способности пневматической системы рессорного подвешивания обеспечивалось путём установки дросселей и подбором объёмов дополнительных резервуаров. Дроссели, с проходными сечениями от 5 до 12 мм, устанавливались в штуцер на входе в дополнительный резервуар.

В процессе эксперимента использовались дополнительные резервуары объёмом  $V_0 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  и  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  на сторону.

Пневморессорная подвеска, смонтированная на тракторе, представлена на рис. 1 и 2.

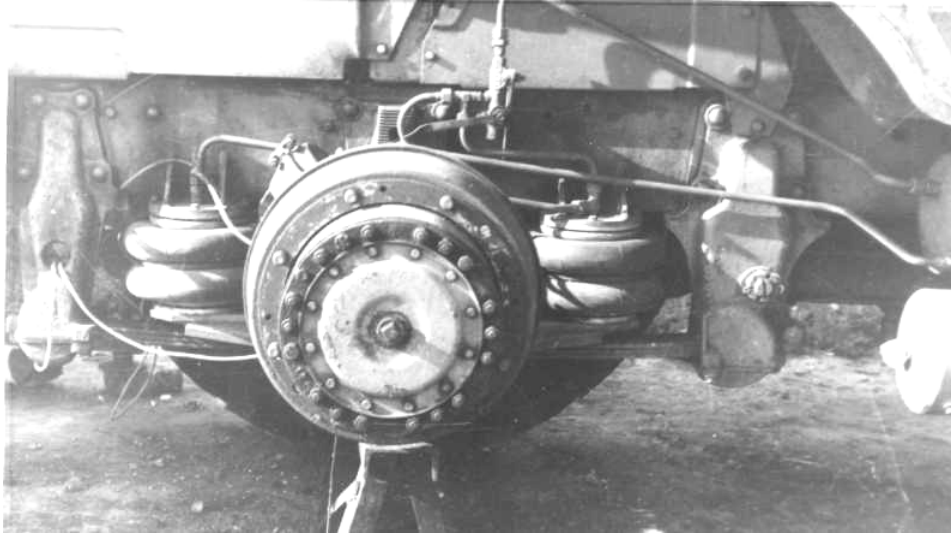


Рисунок 1 – Пневморессорная подвеска колесного трактора Т – 150КМ

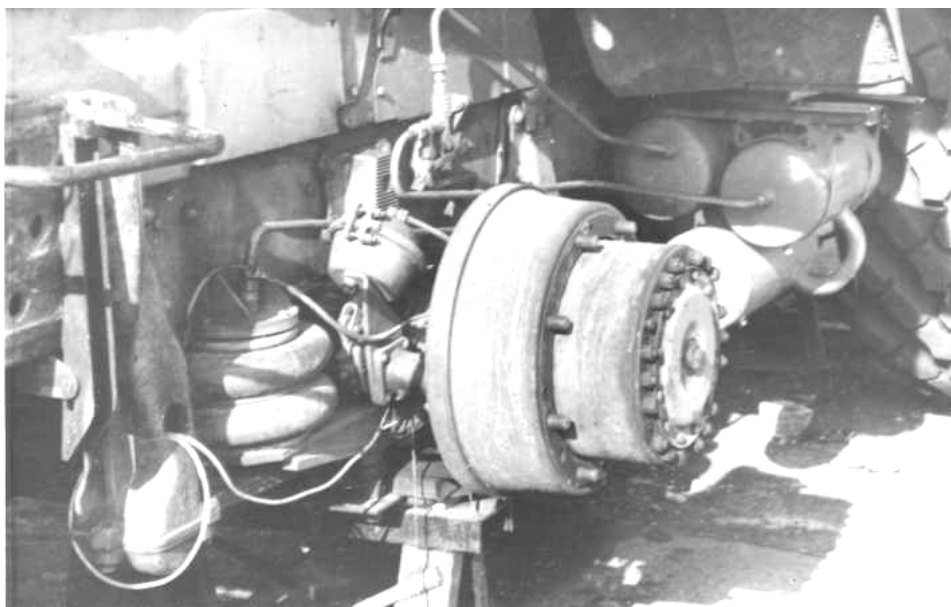


Рисунок 2 – Пневморессорная подвеска колесного трактора Т – 150 КМ

В процессе экспериментальных исследований создавались свободные колебания трактора на подвеске. Процесс фиксировался на осциллограммы, по которым определялись относительные коэффициенты затухания.

Испытания проводились на ровной бетонированной площадке. Трактор выставлялся на опорах, которые размещались под передним и задним мостами. Высота опор была выбрана такая, чтобы полностью разгрузить шины (т.е. свободные колебания при сбросе происходили только на рессорном подвешиваний).

Подвеска закачивалась воздухом, устанавливалась заданная высота в статическом состоянии между мостом и рамой трактора.

Тяга висоторегулюючого клапана (регулятора висоти) відсоединялась від моста трактора і закріплялась к раму. Таким образом, в процесі коливань висоторегулюючий клапан не працював, т.е. кількість повітря в пневматическій системі залишалось постійним.

Для підйому трактора від статического положення використовувалась ручна таль, закріплена на потужній рамі.

Рама неподвижно фіксувалась на площадці.

Трактор зачаливався за передній брус тросом, який з допомогою проволочної петлі кріпився за кріюк тали.

Передня частина трактора піднімалась на висоту до моменту отрива переднього моста від опору. Згодом перекусувалась проволочка і трактор здійснював свободні коливання на підвесці.

Для замірів результатів експерименту використовувались реохордні датчики переміщень, які зв'язували передній мост трактора і раму. Було задіяно два датчики, установлені відповідно з правого і лівого борту.

Установка, з допомогою якої вироблялось скидання, представлена на рис. 3.



Рисунок 3 - Установка для исследования свободных колебаний трактора.

Регистрация результатов колебаний производилась комплектом аппаратуры тензостанции, смонтированной на базе автомобиля ГАЗ-66. В комплект аппаратуры входит: 1 - измерительная секция, 2 - пульт управления, 3 - осциллограф. [3]

Опыты повторялись дважды для каждой заданной начальной установки высоты подвески под статической нагрузкой.

В результате эксперимента было получено более 100 осциллограмм записи свободных колебаний трактора.

Испытания проведены в два этапа, на первом этапе были использованы дополнительные резервуары емкостью  $V_0 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  на сторону.

Высота подвески под статической нагрузкой устанавливалась - 40, 50, 60 мм. На каждой высоте сброс производился последовательно при следующих проходных сечениях дросселя: 5, 7, 9, 11 и 12 мм.

На втором этапе исследования объем дополнительных резервуаров был увеличен до  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  на сторону. Высота подвески под статической нагрузкой устанавливалась - 30, 40, 50 мм.

Проходные сечения дросселя устанавливались: 5, 7, 9, 11 мм. Кроме того на этом этапе были проведены исследования подвески без дросселя в пневматической системе.

**Методика обработки осциллограмм.** Полученные в результате экспериментальных исследований, осциллограммы свободных колебаний обрабатывались по схеме, представленной на рис. 4 [4].

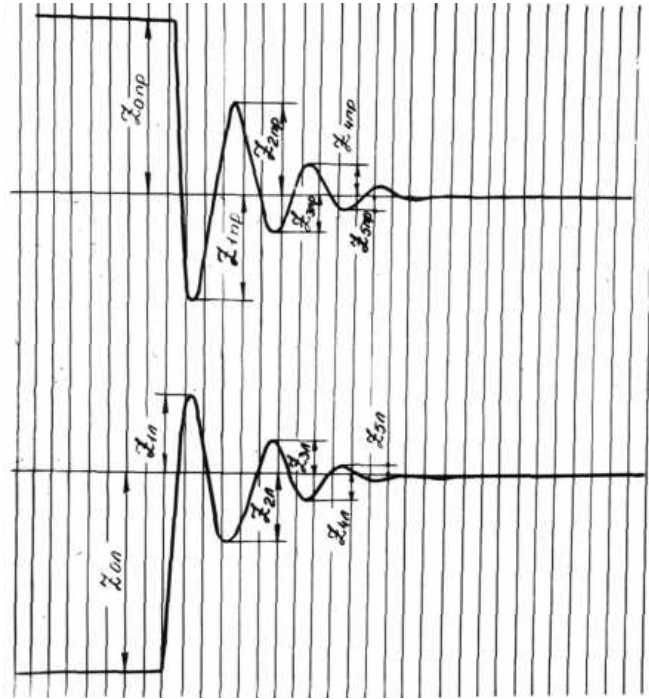


Рисунок 4 - Схема обработки осциллограмм свободных колебаний

Интенсивность гашения свободных колебаний подвески оценивалась относительным коэффициентом затухания, величина которого определялась из выражения:

для периода колебаний

$$\psi = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{z_1}{z_3}$$

для полупериодов сжатия и отбоя при сбрасывании, когда  $z_0 = z_1$

$$\psi_c = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{z_1}{z_2},$$

$$\psi_o = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{z_2}{z_3}.$$

**Результаты экспериментальных исследований по определению параметров демпфирования.** Результаты обработки осциллограмм свободных колебаний приведены на рис. 5 и 6.

На рис. 5 и 6 представлены характеристики изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от давления в пневматической системе, зазора между рамой и мостом трактора, (при объёме дополнительного воздушного резервуара -  $20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  на каждую сторону).

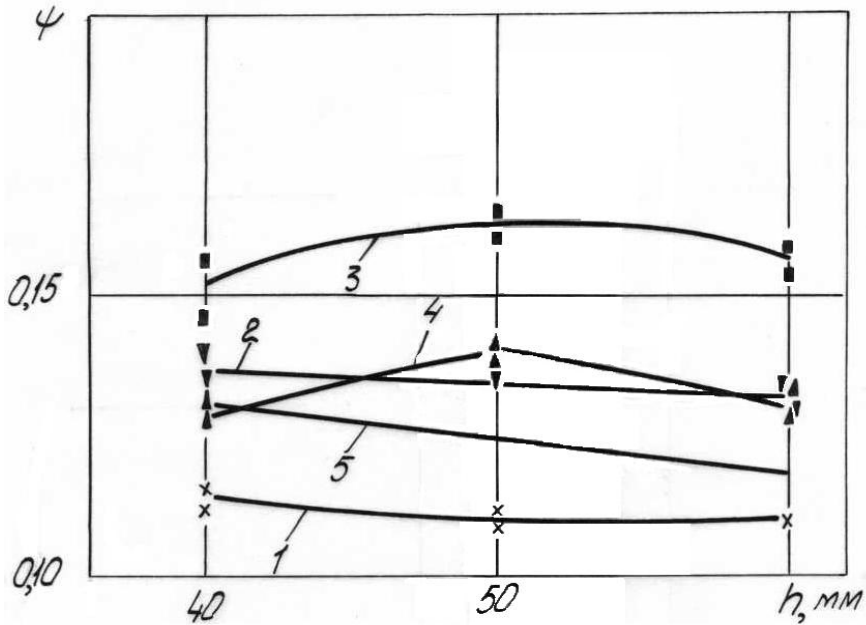


Рисунок 5 – Характер изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от высоты подвески (при  $V_0 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ )  
 1 -  $\varnothing 5 \text{ мм}$ ; 2-  $\varnothing 7 \text{ мм}$ ; 3 -  $\varnothing 9 \text{ мм}$ ; 4 -  $\varnothing 11 \text{ мм}$ ; 5 -  $\varnothing 12 \text{ мм}$ .

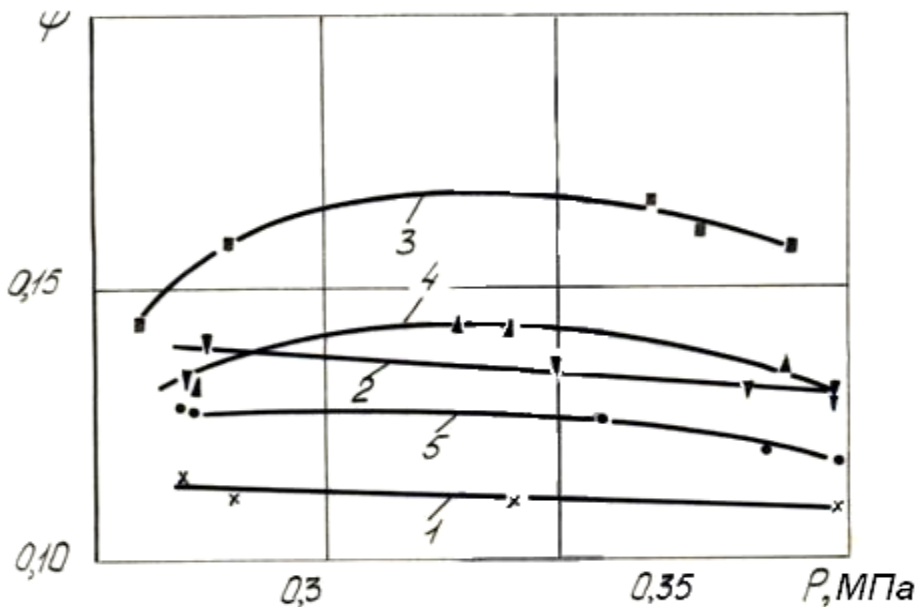


Рисунок 6 – Характер изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от давления воздуха в подвеске (при  $V_0 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ )  
 1 -  $\varnothing 5 \text{ мм}$ ; 2-  $\varnothing 7 \text{ мм}$ ; 3 -  $\varnothing 9 \text{ мм}$ ; 4 -  $\varnothing 11 \text{ мм}$ ; 5 -  $\varnothing 12 \text{ мм}$ .

При установлении высоты подвески (зазора между рамой и мостом трактора) - 40 мм, давление воздуха в системе, для ряда установок, находилось в пределах 0,26...0,28 МПа; для высоты 50 мм - 0,34...0,37 МПа; для высоты 60 мм - 0,39...0,41 МПа.

Из рис. 5 и 6 следует, что наименьшие значения относительных коэффициентов затухания в подвеске наблюдаются при установке дросселя в системе с проходным диаметром равным 5 мм.

Коэффициенты затухания для случаев установки дросселей с проходными сечениями 7, 11, 12 мм примерно сопоставимы между собой.

Наибольшие значения для коэффициентов затухания получены при дросселе с проходным сечением 9 мм.

Из графиков следует, что значения относительных коэффициентов затухания для дросселей с проходным сечением 9 мм примерно в 1,25 раза превосходит значения относительных коэффициентов затухания для дросселей с проходными сечениями 11,12 мм и в 1,5 раза выше, чем с дросселем диаметром 5 мм. Причем наибольшие значения этих коэффициентов достигают при высоте подвески 50 мм.

На рис. 7 и 8 представлены результаты экспериментальных исследований по свободным затухающим колебаниям при объемах дополнительного резервуара на сторону  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ .

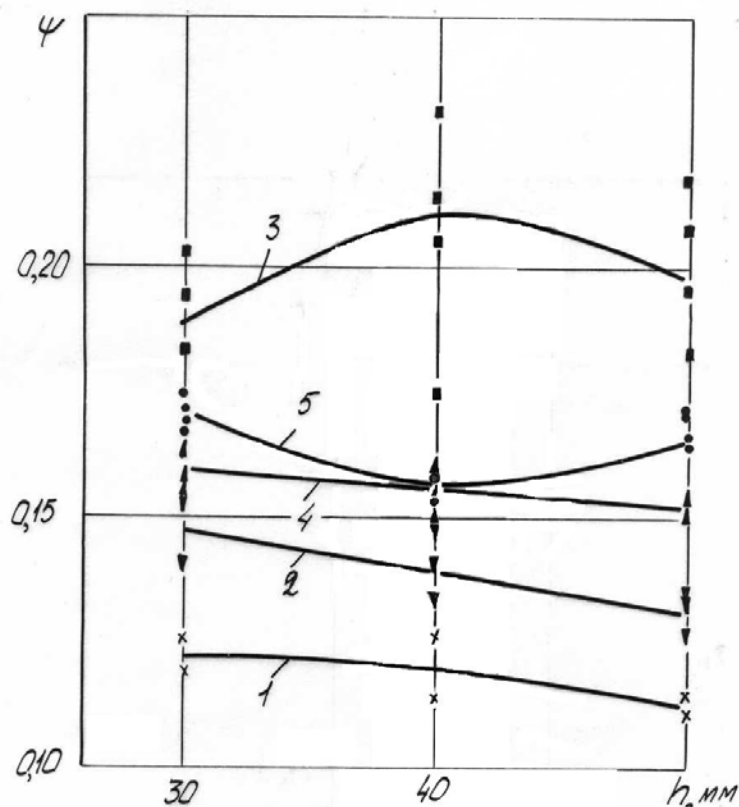


Рисунок 7 – Характер изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от высоты подвески (при  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ )

1 - Ø5 мм; 2 - Ø7 мм; 3 - Ø9 мм; 4 - Ø11 мм; 5 – без дросселя.

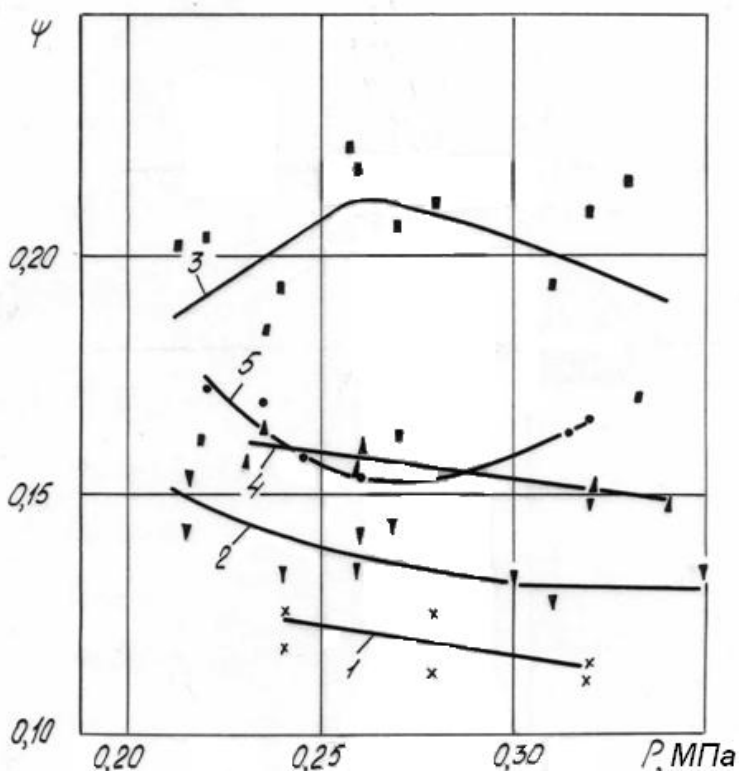


Рисунок 8 – Характер изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от давления воздуха в подвеске (при  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ )

1 - Ø5 мм; 2- Ø7 мм; 3 - Ø9 мм; 4 - Ø11 мм; 5 – без дросселя.

На втором этапе испытаний высота подвески (т.е. зазор между мостом и рамой трактора) устанавливался в пределах 30, 40, 50 мм.

Первый этап испытаний показал, что пробоев подвески при сбрасывании трактора не наблюдалось, поэтому было решено понизить нижний предел высоты до 30 мм и ( т.е. испытать подвеску при пониженном давлении воздуха в системе).

Давление воздуха в системе пневматического рессорного подвешивания трактора при различных установках находилось в пределах: для высоты 30 мм – 0,22...0,24 МПа; для высоты 40 мм – 0,26...0,28 МПа; для высоты 50 мм - 0,32...0,37 МПа.

Из графиков следует, что с увеличением проходного сечения от Ø5 мм до Ø11 мм наблюдается рост относительных коэффициентов затухания. Так значения относительных коэффициентов затухания для дросселя Ø11 мм примерно в 1,3 раза выше, чем для дросселя с проходным сечением Ø5 мм.

Значения относительных коэффициентов затухания, полученных при сбрасывании трактора без дросселя в пневматической системе, сопоставимы с дросселем Ø11 мм.

Наибольшие значения относительных коэффициентов затухания получены, как и на первом этапе исследований, для дросселя с проходным сечением Ø9 мм.

Из всех графиков (рис 7 и 8) следует, что значения относительных коэффициентов затухания при дросселе с Ø9 мм в 1,15...1,35 раз превосходят значения коэффициентов затухания с дросселем Ø11 мм; и в 1,5... 1,75 раза - с дросселем Ø5 мм. Причем наибольшие значения этих коэффициентов соответствуют высоте подвески 40 мм.

На рис. 9 представлена зависимость относительного максимального коэффициента затухания в зависимости от объема дополнительного резервуара. Из графиков следует, что с

увеличением объёма дополнительного резервуара растет относительный коэффициент затухания, причем значительный рост наблюдается с дросселем  $\varnothing 9$  мм. Так для дополнительного резервуара  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , значения этого коэффициента в 1,4 раза больше, чем для дополнительного резервуара  $V_0 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  [5].

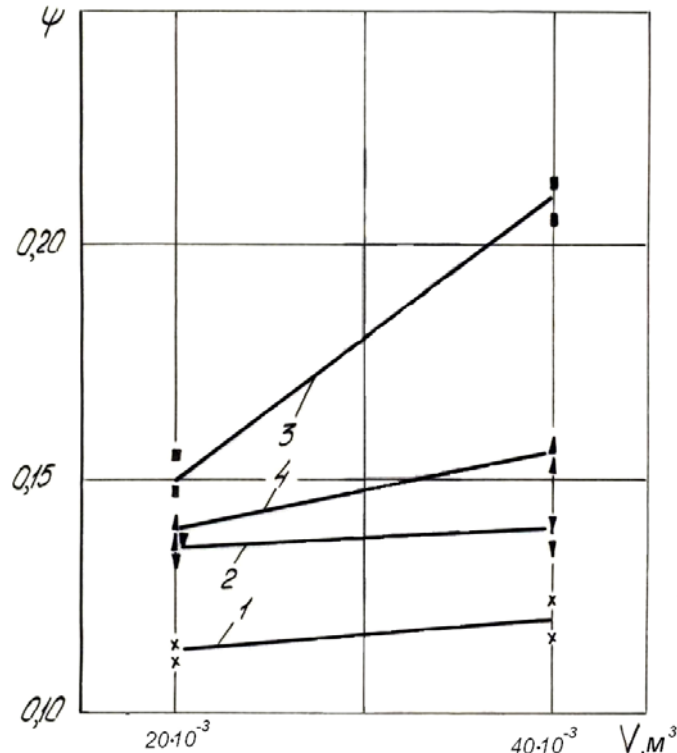


Рисунок 9 – Характер изменения относительного коэффициента затухания в зависимости от объёма дополнительного резервуара  
1 -  $\varnothing 5$  мм; 2-  $\varnothing 7$  мм; 3 -  $\varnothing 9$  мм; 4 -  $\varnothing 11$  мм.

### Выводы

Анализ проведенных экспериментальных испытаний по свободным колебаниям трактора, оборудованного пневморессорной подвеской, показывает, что наибольшие значения относительных коэффициентов затухания получены при дросселе с проходным сечением  $\varnothing 9$  мм и с объёмом дополнительного резервуара  $V_0 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  и достигают 0,21, что сопоставимо с рекомендуемыми значениями коэффициентов затухания грузовых автомобилей [2].

**Список литературы:** 1. Великодний В.М., Кириенко Н.М. – «Улучшение параметров плавности хода колёсного сельскохозяйственного трактора ХТЗ – 120» // Издавничій центр НТУ «ХПІ», Харків, 1993. 2. Яценко Н.Н., Прутчиков О.К. Плавность хода грузовых автомобилей. – М.: Машиностроение, 1969. – 220с. 3. Исследование плавности хода, динамической нагруженности элементов системы трактора Т-150КМ и обоснование схемы подвески: Отчёт кафедры «Тракторостроение» Харьк. политехн. Ин-та, №76050198. Харьков: 1977. – 165 с. 4. Певзнер Я.М. Колебания автомобиля. – М.: Машиностроение, 1972. – 208 с. 5. Великодний В.М., Митропан Д.М., Прохоров В.П., Резников Е.Н. – «Исследование демпфирующей способности пневморессорной подвески колесного трактора» // Вестник ХПИ, 1982. - № 185, с. 13 – 16.