

**ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ  
ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ  
ПО ИХ ВЛИЯНИЮ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА ТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ**

**Дущенко В.В.**, докт. техн. наук  
(*Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»*)

*На примере гусеничной машины представлена сравнительная оценка гидравлических и фрикционных амортизаторов систем подрессоривания по их влиянию на плавность хода транспортных средств.*

**Введение и постановка проблемы.** В настоящее время в системах подрессоривания (СП) транспортных средств применяются демпфирующие устройства (ДУ) на основе следующих двух физических принципов действия (ФПД). Первый ФПД, получивший наиболее широкое распространение, заключается в том, что гашение колебаний подрессоренного корпуса осуществляется посредством дросселирования рабочей жидкости через отверстия, каналы и щели. Техническим решением (ТР) данного ФПД являются гидравлические амортизаторы (ГА). Вторым, менее распространенным ФПД, состоит в том, что гашение упомянутых колебаний осуществляется путем трения в сжатом пакете поверхностей трения. ТР данного ФПД являются фрикционные амортизаторы (ФА). Силы сопротивления для каждого из данных ФПД имеют различный характер. У ГА они зависят от скорости относительного перемещения элементов подвески и подрессоренного корпуса, в то время как в ФА эти силы зависят только от величины данного перемещения. Возможно конструктивное выполнение, как ГА, так и ФА с сопротивлением, зависящим и от скорости, и от величины относительного перемещения. Это достигается благодаря специальным ТР, однако в данном случае они рассматриваться не будут. И тот и другой ФПД имеет как достоинства, так и недостатки, что не позволяет сделать однозначный выбор при разработке узлов перспективных СП.

**Анализ последних публикаций.** В работе [1] представлен анализ и сформулированы главные недостатки, рассматриваемых ФПД ДУ и реализующих их ТР. Выявлены причины возникновения данных недостатков и проведен анализ противоречий развития. В работе [2] показано, что закон зависимости сопротивления ДУ только от скорости относительного перемещения элементов подвески не является оптимальным и может приводить к дополнительному возбуждению колебаний подрессоренного корпуса. В

работе [3] описана СП танка Леопард-2 с соосными ФА, которая представлена как наиболее совершенная среди подвесок серийных военных машин.

**Цель исследований** – провести сравнительную оценку рассматриваемых ФПД ДУ по их влиянию на параметры плавности хода ТС и тепловую напряженность узлов.

**Материалы и результаты исследований.** Сравнительную оценку будем проводить путем расчетных исследований на экспериментально проверенной математической модели движения гусеничной машины (ГМ) по неровностям, которая была разработана автором [4]. Чтобы исключить влияние кинематики подвески, рассматривалась единая ходовая часть с торсионной подвеской, гидроподпрессорниками (ГП) и телескопическими ДУ, имеющими следующие варианты характеристик. На рис. 1а представлена характеристика ГА, усилие на штоке которого  $P_{шт}$  зависит только от скорости перемещения данного штока  $V_{шт}$ , а на прямом ходе, для ограничения максимальных давлений используется клапан "отсечки".

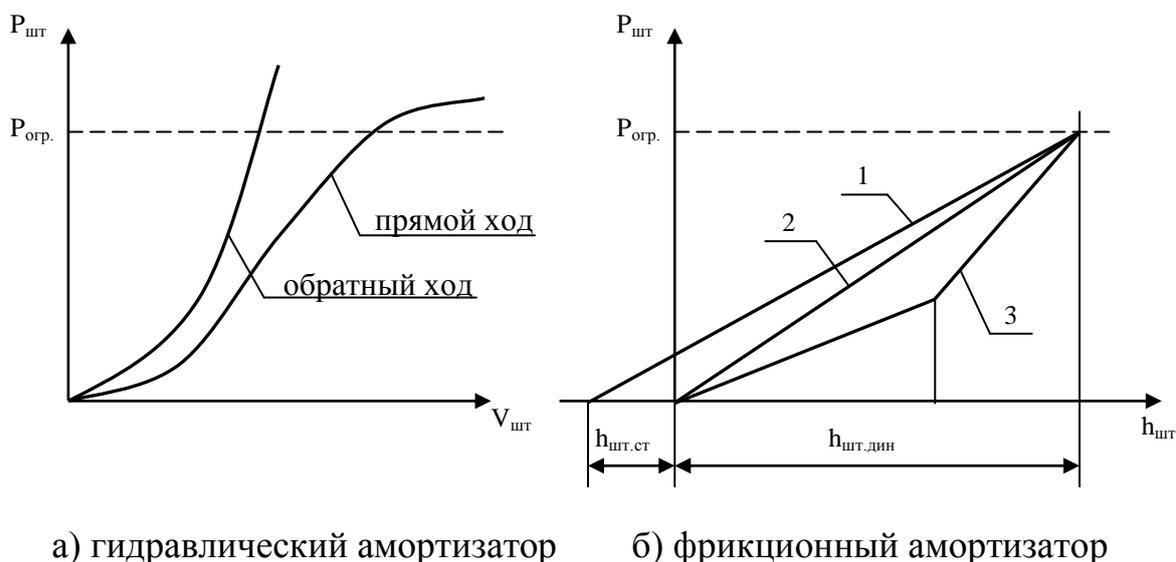


Рис. 1. Варианты характеристик ДУ подвески.

На рис. 1б представлены три варианта характеристик ФА. Здесь усилие на штоке  $P_{шт}$  зависит лишь от величины перемещения штока  $h_{шт}$ , а также различается  $h_{шт.ст.}$  и  $h_{шт.дин.}$ , соответствующие статическому и динамическому ходам подвески. Все три варианта характеристик и их комбинации могут быть реализованы как на прямом, так и на обратном ходах.

Рассмотрим параметры плавности хода и тепловой нагруженности ДУ и ГП при движении ГМ по синусоидальному профилю неровностей с высотой 200 мм и расстоянием между ними равным двум базам машины, который является наиболее неблагоприятным. Расчеты проведем для случая, когда ДУ имеют характеристики, представленные на рис. 1а и соот-

ветствуют ГА (вариант 1), а также для следующих комбинаций характеристик ФА (рис.1б), которые представлены в таблице.

Величину усилия  $P_{огр}$  выберем из условия отсутствия зависания опорного катка на обратном ходе подвески, т.е. его момент несколько меньший, чем момент, развиваемый торсионом.

Таблица

№ варианта	Прямой ход, № прямой	Обратный ход, № прямой
2	1	1
3	2	2
4	2	1
5	3	3
6	3	1

На рис. 2, рис. 3 представлены максимальные амплитуды продольно-угловых и вертикальных колебаний подрессоренного корпуса. Из их анализа следует, что применение ДУ с сопротивлением, зависящим только от перемещения, по сравнению с ДУ, с сопротивлением, зависящим только от скорости перемещения, позволяет существенно уменьшить максимальные амплитуды продольно-угловых колебаний во всем диапазоне скоростей. Причем для резонансного режима движения (25 км/ч) амплитуды уменьшаются до 2,2 раза (вариант 1 и варианты 2,4,6).

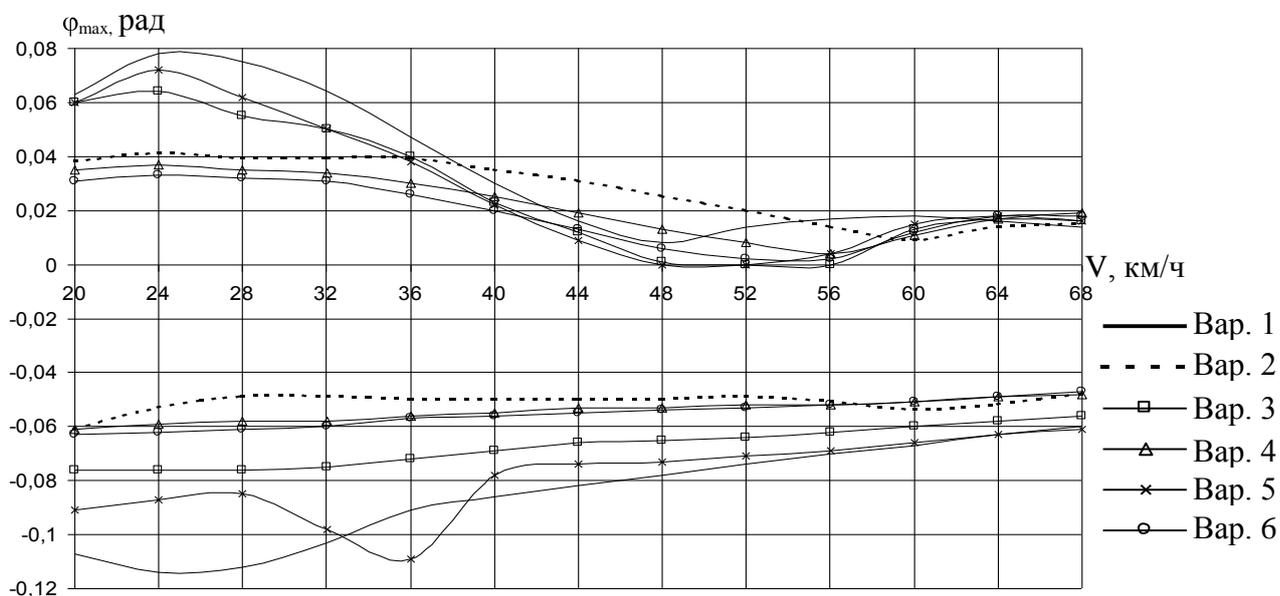


Рис. 2. Максимальные амплитуды продольно-угловых колебаний

Уменьшение максимальных амплитуд вертикальных колебаний для резонансного режима движения (36 км/ч) происходит в 1,9 раза, однако

при скоростях движения свыше 50 км/ч эти амплитуды для варианта 2 несколько увеличиваются.

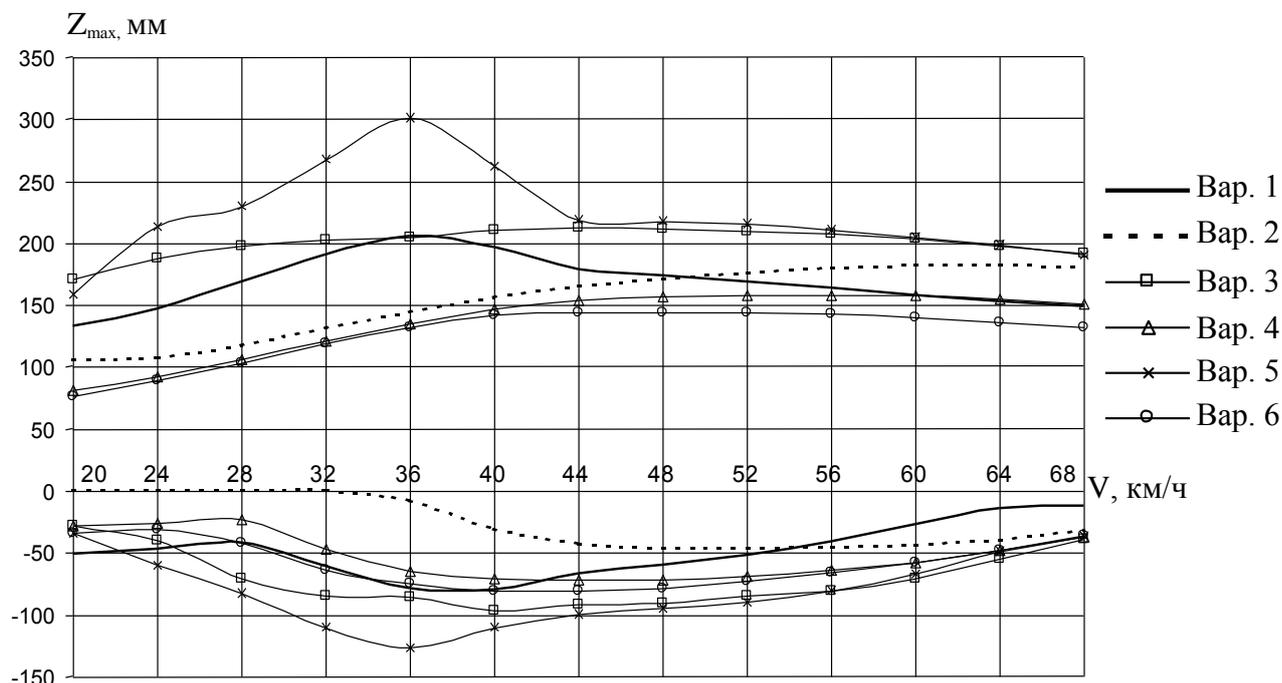


Рис. 3. Максимальные амплитуды вертикальных колебаний

Лучшими характеристиками ФА для всего диапазона скоростей движения являются варианты 4 и 6. Это объясняется "мягкой" характеристикой прямого хода, что не способствует возбуждению колебаний, и достаточно "жесткой" характеристикой обратного хода.

Полученные результаты совпадают с данными по танку "Леопард-2", на котором применяются ФА с сопротивлением, зависящим только от перемещения. Превалирующим видом колебаний его корпуса являются вертикальные, при которых, более равномерно нагружаются опорные катки, полнее используется энергоемкость всех узлов СП, и в большей степени реализуется мощность двигателя при движении по неровностям. Благодаря этому, а также использованию энергоемких ГП, СП этого танка считается наиболее совершенной [3].

На рис. 4 представлены кривые максимальных вертикальных ускорений на месте водителя, из анализа которых следует, что использование ФА (варианты 2,4,6) вместо ГА не приводит к заметному изменению их уровня при отсутствии пробоев подвески.

На рис. 5, рис. 6 представлены мощности, поглощаемые соответственно ДУ и ГП 1-й подвески. Указанные кривые свидетельствуют о том, что применение ФА (вариант 4,6) вместо ГА позволяет снизить их тепловую нагруженность в 1,7 раза, причем максимальная мощность, поглощаемая ГП также уменьшается в 1,75 раза. Это происходит благодаря уменьшению амплитуд продольно-угловых и вертикальных колебаний корпуса.

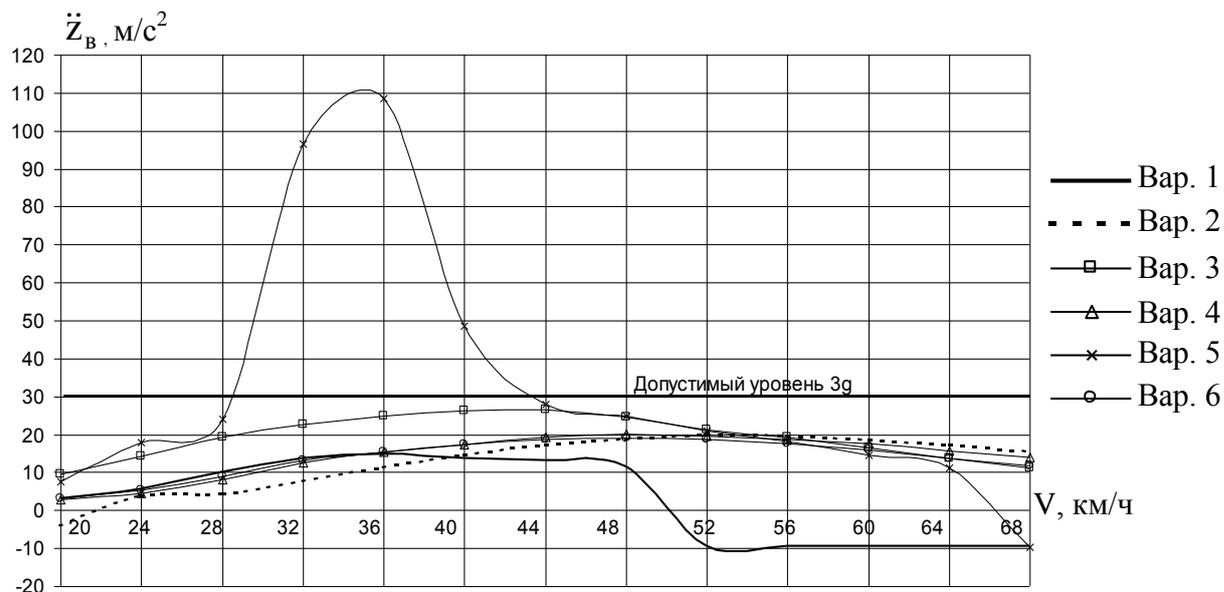


Рис. 4. Максимальные вертикальные ускорения на месте водителя

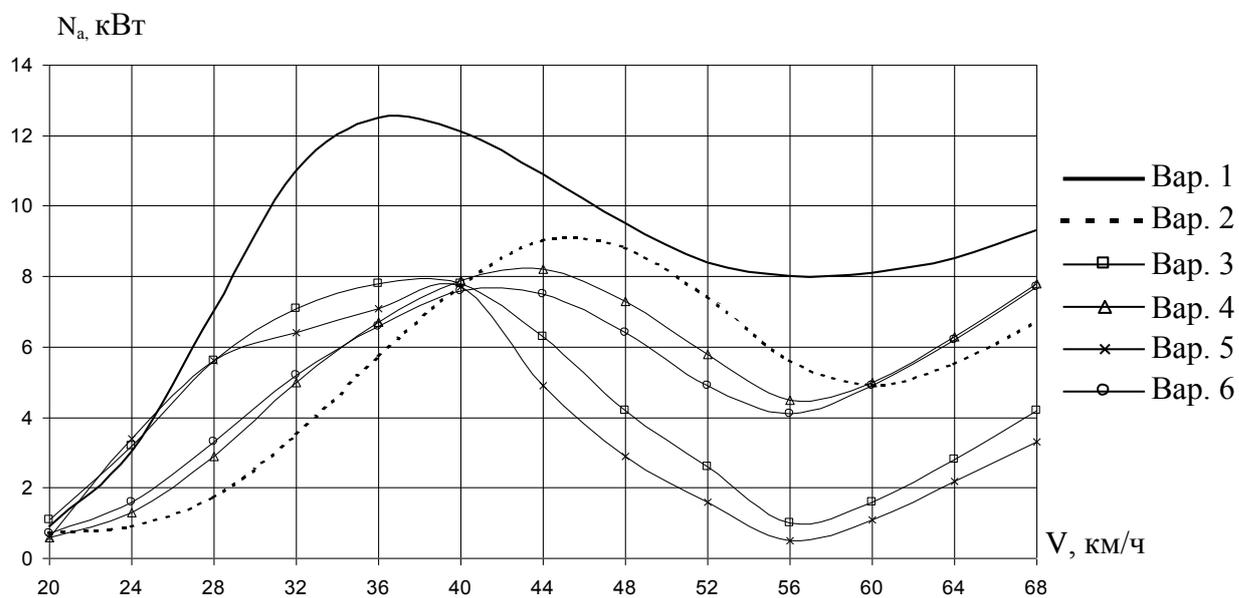


Рис. 5. Мощности, поглощаемые ДУ 1-й подвески

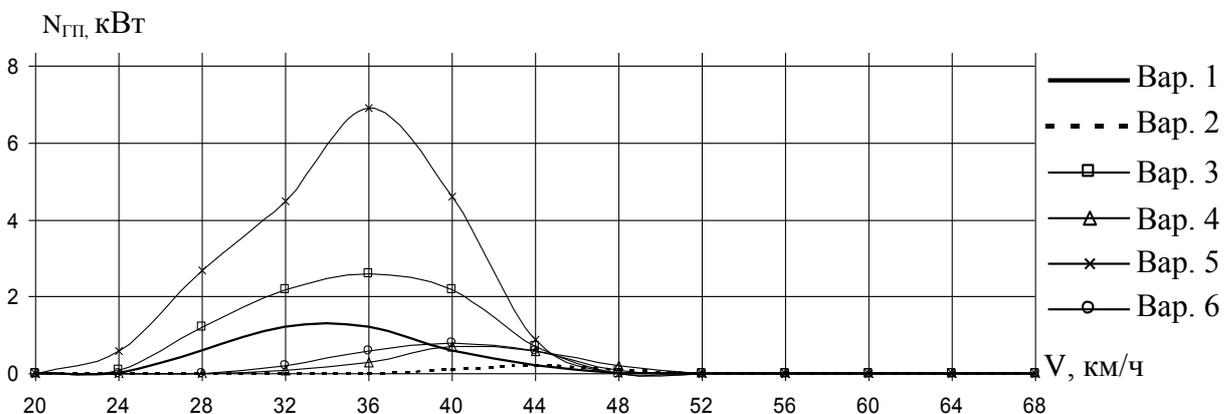


Рис. 6. Мощности, поглощаемые ГП 1-й подвески

На рис. 7 представлены скоростные характеристики СП, из которых следует, что использование ФА по сравнению с ГА позволяет увеличить минимальную проходную высоту неровностей для резонансных режимов движения (29-36 км/ч) на 30 мм. В дорезонансной зоне скоростей проходная высота также увеличивается, однако в зарезонансной зоне данный параметр несколько уменьшается, что объясняется недостаточной работой ФА, т.к. их сопротивление в отличие от ГА не зависит в конечном итоге от скорости движения ГМ.

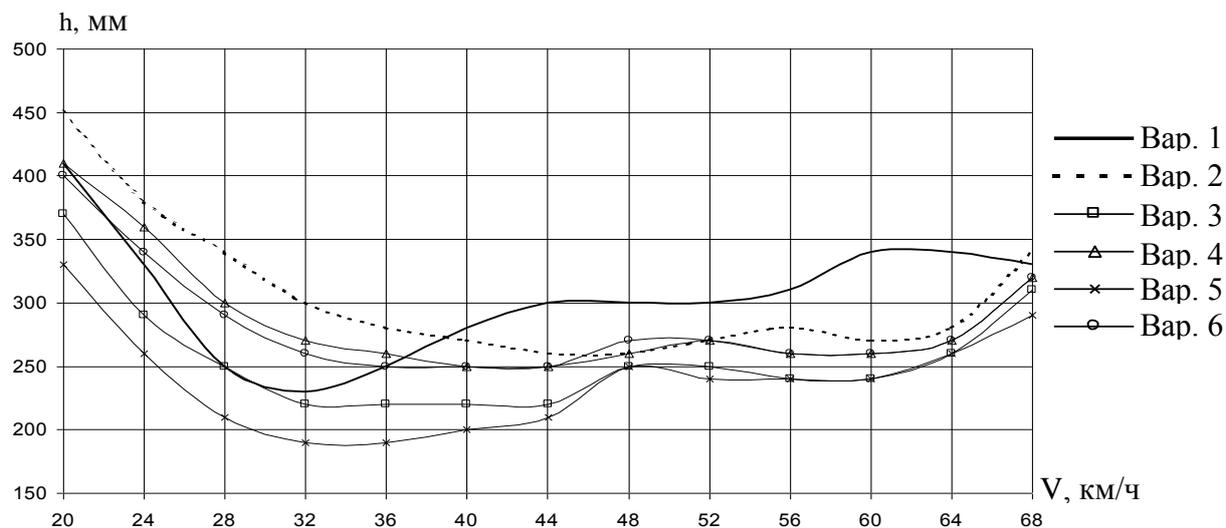


Рис. 7. Скоростные характеристики СП

Рассмотрим влияние характеристик ДУ на уровень ускорений тряски при движении ГМ по синусоидальному профилю неровностей высотой 50 мм и шагом, равным шагу опорных катков (рис. 8).

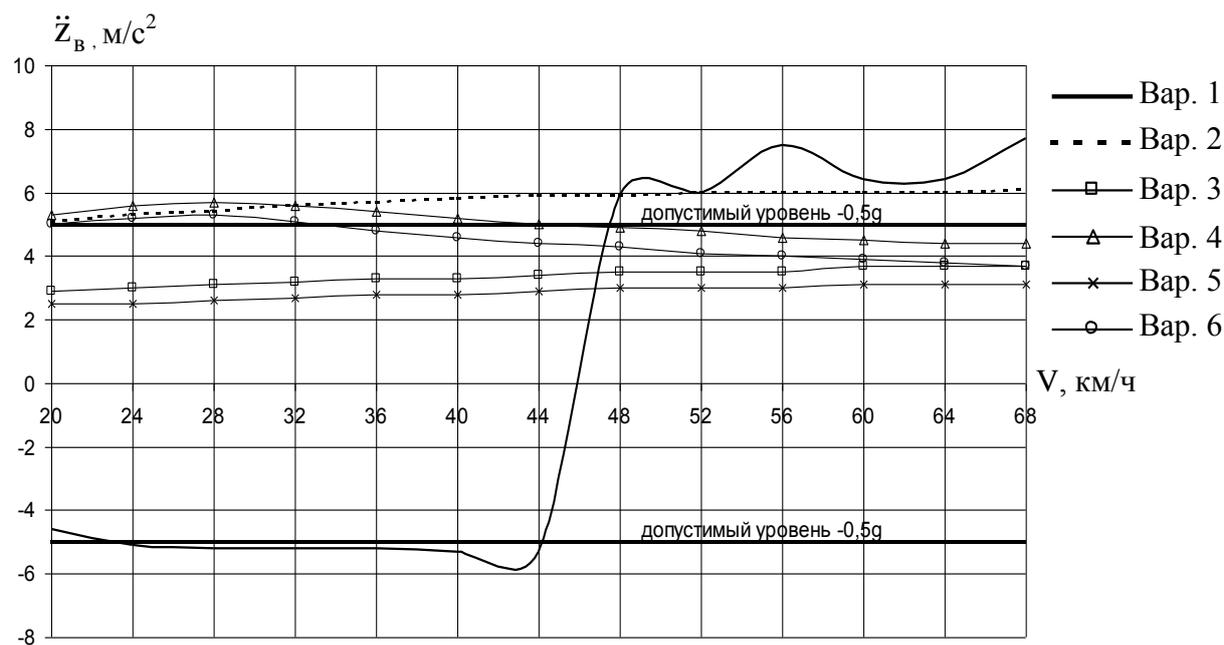


Рис. 8. Ускорения тряски

Как следует из анализа кривых, небольшое сопротивление ФА в районе статического хода подвески благоприятно сказывается на величине ускорений. В то же время ГА, несмотря на наличие 20 мм свободного хода, дают более высокий уровень ускорений, который близок и даже несколько превышает предельно допустимый.

**Вывод.** Применение в подвеске ТС ДУ, сопротивление которых зависит только от перемещения элементов узла, по сравнению с ДУ, сопротивление которых зависит только от скорости данного перемещения, позволяет существенно снизить их тепловую нагруженность и повысить плавность хода в дорезонансной и резонансной зоне скоростей движения машины. В зарезонансной зоне плавность хода несколько снижается, но остается на достаточном уровне.

### Список литературы

1. Дущенко В.В. Недостатки, причины их возникновения и противоречия развития известных физических принципов действия демпфирующих устройств систем поддрессирования военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2007. – №1. – С.113–123.
2. Дущенко В.В. К вопросу о выборе характеристики обратного хода демпфирующего устройства подвески гусеничной машины / В.В. Дущенко, С.М. Воронцов // Механіка та машинобудування. – 2002. – №1, – С. 90–92.
3. Обзоров В.С. Развитие систем поддрессирования танков / В.С. Обзоров, А.С. Стамбровский, Б.Н. Шадов // Зарубежная военная техника. Бронетанковая техника и вооружение. Обзоры. – М.: – 1984. – Вып. 2. – С. 54–62.
4. Колебания в транспортных машинах / [Александров Е.Е., Грита Я.В., Дущенко В.В. и др.]; – Харьков: ХДПУ, 1996. – 256 с.

### Анотація

#### **Оцінка фізичних принципів дії демпфіруючи пристроїв систем підресорювання по їх впливу на плавність ходу транспортних засобів**

*На прикладі гусеничної машини представлено порівняльну оцінку гідравлічних та фрикційних амортизаторів систем підресорювання по їх впливу на плавність ходу транспортних засобів.*

### Abstract

#### **Estimation of physical modes of functioning of damping devices of systems of cushioning on their agency on smoothness of a course of vehicles**

*On a tracklaying vehicle instance the comparative estimation hydraulic and friction shock absorbers of systems of cushioning on their agency on smoothness of a course of vehicles is presented.*