

УДК 629.113

О.А. Фененко, М.А. Оксентюк

Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПРОСАДКУ ПРУЖИН ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В статье раскрыты изменения физико-механических свойств пружины подвески транспортного средства из конструкционного материала (сталь 60С2А) под влиянием внешних факторов. Получены уравнения расчёта зависимости просадки пружины и силы пружины а также построены площади изменения их значений от диаметра проволоки витка пружины, жёсткости витка, жёсткости пружины.

**Ключевые слова:** физико-механические характеристики конструкционного материала, просадка пружины, жёсткость пружины, сила пружины.

### Введение

Наибольшему воздействию эксплуатационных и климатических факторов транспортные средства (ТС) подвергаются при работе, ввремя которой основные нагрузки воспринимают элементы конструкции подвески ТС [1]. На элементы конструкции подвески ТС во время работы влияют: режимы работы, изменение скорости движения, нагрузки, вибрация от двигателя, колебания из-за неровностей дорог и атмосферных факторов.

При движении по ровной поверхности с нормативным весом, постоянной скоростью, хорошими атмосферными факторами на элементы подвески, а именно на пружину подвески действуют постоянные силы, которые минимально влияют на изменение её физико-механические характеристики. Увеличение частоты воздействия этих факторов приводит к изменению физико-механических характеристик конструкционного материала (КМ) элементов конструкции подвески ТС [2]. Изменение физико-механических характеристик КМ пружин подвески ТС в свою очередь происходит в результате изменения физико-химических характеристик КМ элементов конструкции.

Так в работе [2–3] авторами раскрывается взаимосвязь разрушения элементов подвески, увеличения тормозного пути, снижение сцепления покрышек колёс с дорогой, увеличение колебаний ТС ввремя движения с просадкою пружин подвесок ходовой ТС.

Авторами работ [4–6] было описано физический смысл воздействия атмосферных факторов приводящих к коррозии (фреттинг-коррозия) КМ, которая в свою очередь влияет на изменение физико-механических характеристик КМ.

Влияние атмосферных факторов на изменение физико-химические и физико-механические характеристики КМ пружин подвески описано в работе [7–8].

**Цель работы** В связи с рассмотренной проблематикой возникает задача оценки просадки пружин подвески ТС с учётом влияния внешних факторов во время эксплуатации ТС.

жин подвески ТС с учётом влияния внешних факторов во время эксплуатации ТС.

### Изложение основного материала

Одним из основных элементов конструкции ТС, которое характеризуется повышенными нагрузками, практически во всём диапазоне режимов движения и действующих нагрузок [9], являются элементы конструкции подвески, а именно пружины. Пружина есть основным элементом конструкции подвески, которая воспринимает воздействие всех внешних факторов. Её конструкция и КМ из которого она изготавливается, зависит от нагрузок которые она должна будет воспринимать во врем работы ТС. Одной из важнейших характеристик пружин есть их длина при сжатии ( $L_3$ ) (просадка пружины), которая зависит от различных физико-механических характеристик пружины и физико-химических характеристик КМ из которого они изготовлены.

Расчёт основных параметров пружин подвески выполняется согласно ГОСТ 13765-86. По ГОСТ 13764-86 выполняется подбор КМ проволоки для расчёта параметров пружин. На основании выбранной марки КМ и расчётных параметров определяем по ГОСТ 13776-86 пружину с требуемыми параметрами и характеристиками.

Для проведения исследования рабочих характеристик пружины подвески, которая работает под воздействием нагрузок 6000...20000 Н, была определена пружина III класса, 3 разряда согласно ГОСТ 13776-86 табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики выбранной пружины

КМ	$F_3$ , Н	$d$ , мм	$D_1$ , мм	$L_2$ , мм	$c_1$ , Н/мм	$s_3$ , мм	НВ, МПа	$\tau_3$ , МПа
60С2А	7100	14	150	240	150	47,3	51,4...54	150

При расчёте физико-механических характеристик учитывали влияние поражения коррозией всей поверхности пружин. Одновременно с расчётом площади

поражения поверхности проводили замер  $d$  проволоки витков пружин при помощи измерительного инструмента (микрометр, штангенциркуль) рис. 1.

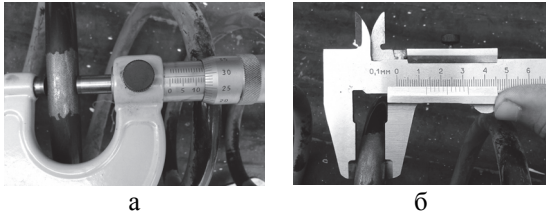


Рис. 1. Измерение  $d$  проволоки витков пружин: а – микрометром; б –мштангенциркулем

Результаты расчётов физико-механических характеристик пружины подвески ТС с учетом воздействия коррозии на КМ, представлены в табл. 2. Серым цветом выделены исходные характеристики.

Таблица 2

Изменение физико-механических характеристик пружины от  $d$  проволоки пружины

Параметр	Поражение коррозию, %						
	0	2	4	6	8	10	12
$d$ , мм	14,0	13,9	13,7	13,4	12,9	12,2	11,5
$D_1$ , мм	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
$F_2$ , Н	6000,0	6000,0	6000,0	6000,0	6000,0	6000,0	6000,0
$T$ , мм	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
$L_2$ , мм	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0
$N$	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
$L_1$ , мм	460,0	460,0	460,0	460,0	460,0	460,0	460,0
$c_1$ , Н/мм	150,0	145,3	136,5	124,1	105,4	83,1	64,6
$s_3$ , мм	51,0	51,1	51,3	51,6	52,1	52,8	53,5
$F_3$ , Н	7650,0	7424,8	7003,1	6404,7	5493,7	4386,4	3456,0
$c$ , Н/мм	16,7	16,1	15,2	13,8	11,7	9,2	7,2
$L_0$ , мм	599,0	598,9	598,7	598,4	597,9	597,2	596,5
$L_3$ , мм	140,0	139,0	137,0	134,0	129,0	122,0	115,0
$F_1$ , Н	2316,7	2242,5	2103,8	1908,7	1615,7	1266,4	979,7
$L_{разв}$ , мм	4537,8	4541,1	4547,6	4557,4	4573,7	4596,5	4619,4
$G$ , кг	5,484	5,409	5,262	5,045	4,693	4,218	3,766

В результате анализа полученных результатов исследования и расчетов наблюдается зависимость изменения параметра  $c$  (жесткость пружины) относительно  $d$ . В свою очередь эти характеристики влияют на максимально допустимую просадку пружины подвески  $L_3$  при эксплуатации ТС. Выполнив аппроксимацию полученных данных, построили площадь зависимости этих характеристик рис. 2.

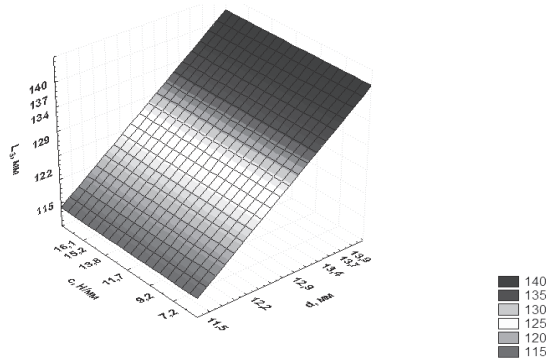


Рис. 2. Зависимость изменение характеристики  $L_3$  от характеристик  $c$  и  $d$

Для определения  $L_3$  по изменению значений характеристик  $c$  и  $d$  получили уравнение (1)

$$L_3 = 6,5244E + 10x + 3,316E - 7y + 6,8939E - 8xy + 4,5005E - 9xy. \quad (1)$$

Аналогично выполнили аппроксимацию изменения значений характеристик  $c$  и  $c_1$  получили второй вариант (2) уравнения для определения  $L_3$ . По полученным значениям построили площадь зависимости изменения значений  $L_3$  от значений  $c$  и  $c_1$  рис. 3.

$$L_3 = 97,4395 + 1,2303x - 8,4691y \quad (2)$$

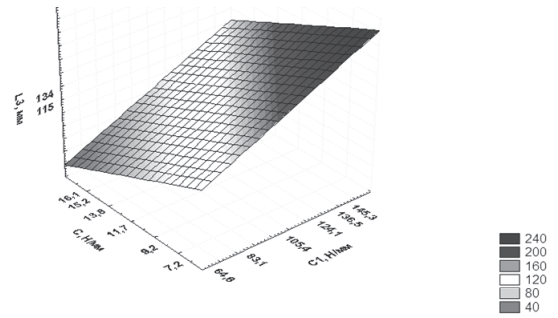


Рис. 3. Зависимость изменение характеристики  $L_3$  от характеристик  $c$  и  $c_1$

В тоже время зависимость  $c_1$  от  $d$  ведёт к уменьшению силы пружины  $F_3$  при максимальной деформации. Аппроксимация полученных данных изменения характеристик дала возможность построить площадь изменения значений (рис. 4) и также вывести уравнение определения  $F_3$  (3).

$$F_3 = 18505,6427 - 3810,8013x + 161,5743y + 197,9072xx - 11,3991xy + 0,1515yy. \quad (3)$$

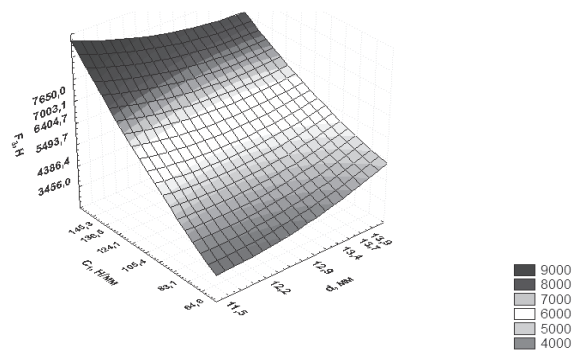


Рис. 4. Зависимость изменение характеристики  $F_3$  от характеристик  $c_1$  и  $d$

Как видно из проведённых расчетов и построенных площадей полученные уравнения весьма точно замещают табличные данные. Получена величина достоверности аппроксимаций  $R^2$  которая очень близка к 1 и относительная погрешность не превышает 2,9%. Полученными уравнениями можно выполнить прогнозирование просадки пружин подвески ТС во время длительной эксплуатации.

Анализ полученных результатов показывает, что при поражении коррозию более 6% площади

поверхности пружины её просадка  $L_3$  и сила  $F_3$ , уменьшаются ниже расчетных значений, что может привести к разрушению пружины и элементов конструкции подвески ТС вовремя эксплуатации при воздействии постоянной внешней нагрузке на пружину. В связи с этим при расчёте пружин подвесок на необходимо необходимо учитывать величину нагрузки на элементы готовых конструкций и характер их деформаций вовремя эксплуатации [10, 11]. При расчёте  $L_3$  необходимо учитывать: скорости изменения физико-механических характеристик пружины; скорости развития коррозионного поражения площади пружины.

Исходя из полученных результатов расчетов та проведённого анализа, пружина подвески ходовой ТС должна сохранять на протяжении всего периода эксплуатации свои физико-химические, физико-механические и геометрические характеристики.

### Вывод

В результате проведённых исследований следует, что при анализе просадки пружин подвески ТС принципиальными являются два вопроса: уменьшение взаимодействия с климатическими факторами, влияющими на физико-механические характеристики, и какие значения критической нагрузки может выдержать пружина в составе конструкции подвески, в результате возникает ряд задач:

определение максимально критического  $d$  пружины подвески под воздействием климатических факторов;

определение максимально критических нагрузок на пружину подвески ТС с её расчётными характеристиками;

при проектировании подвесок ТС необходимо размещать пружины подвески с учётом минималь-

ного попадания на них влаги, грязи, посторонних объектов (камни, песок, стекло и т.д.).

### Список литературы

1. Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів: підручн. / В.Ф. Кисликов, В.В. Луцик. – 6-те вид. – К.: Либідь, 2006. – 400 с.
2. Карпенко Г.В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов / Г.В. Карпенко. – К.: Изд-во «Наукова думка», 1976. – 127 с.
3. Дудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручн. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
4. Влияние среды на фреттинг-усталость. *Fretting Fatigu London, 1981, 143-158* / Место хранения ГПНТБ СССР. – Р. Реф. Журнал «Механика», 1983, 3 Д606.
5. Шевеля В.В. Изменение микрочластичности и длительной прочности стали под действием фреттинг-коррозии / В.В. Шевеля, В.П. Олександренко, Г.С. Калд-жа // Проблемы трибологии. – Хмельницький.: ХНУ, 2007, – №3 – С 34-40.
6. П. Форрест Усталость металлов. Перевод с англ. под ред. академика АН УССР С. В. Серенсена. – М. «Машиностроение». 1968. – 365 с.
7. Анипко О.Б. Дефекты стыковочной ленты узла крепления кля к подкилевой надстройке и физико-химические процессы, приводящие к ним [текст] / О.Б. Анипко, О.А. Фененко // Интегрированные технологии и энергосбережение – Х.: ХПИ, 2014. – С. 96-102.
8. Фененко О.А. Дефекты пружин подвески транспортного средства и процессы, приводящие к ним // Вісник. – Х.: ХНТУСГ, 2016. – С. 92-98.
9. Иванов А.М. Основы конструкции автомобиля / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский и др. // – М. ООО – Книжное издательство «За рулем», 2005. – 336 с.
10. Кравчук В.С. Опір деформуванню та руйнуванню поверхнево-зміцнених деталей машин і елементів конструкцій: моногр. / В.С. Кравчук, Абу Айаш Юсеф, А.В. Кравчук. – Одеса: Аст - ропринт, 2000. – 160 с.
11. Аэродинамика автомобиля / Под ред. В.Г. Гухо; пер. с нем. Н.А. Юниковой; под ред. С.П. Загородникова. – М.: Машиностроение, 1987. – 424 с.

Поступила в редколлегию 24.05.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. С.А. Калкаманов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА ПРОСАДКУ ПРУЖИН ПІДВІСКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

О.О. Фененко, М.А. Оксентиук

У статті розкриті зміни фізико-механічних властивостей пружини підвіски транспортного середовища з конструкційного матеріалу (сталь 60С2А) під впливом зовнішніх факторів. Отримано рівняння розрахунку залежності осідання пружини і сили пружини а також побудовані площі зміни їх значень від діаметра дроту витка пружини, жорсткості витка, жорсткості пружини.

**Ключові слова:** фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу, просадка пружини, жорсткість пружини, сила пружини.

## INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON SUCTION OF SPRINGS OF SUSPENSION OF VEHICLE

O. Fenenko, M. Oksentiuk

Changes in the physical and mechanical properties of the suspension spring of a transport vehicle made of structural material (steel 60C2A) are exposed in the article under the influence of external factors. Equations of the calculation of the dependence of the spring subsidence and the spring force are obtained and the areas of change in their values from the diameter of the coil spring wire, the rigidity of the coil, the spring stiffness.

**Keywords:** physical and mechanical characteristics of the structural material, subsidence Springs, spring stiffness, spring force.