

Список литературы: 1. Власов А.Ф. Безопасность при работе на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1977. 121 с. 2. Вибрационное резание металлов / Н.И. Ахметшин, Э.М. Гоц, Н.Ф. Родиков; Под.ред. К.М. Рагульского. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 80 с.(Б-ка инженера. Вибрационная техника; Вып. 10). 3. Матвеев В.С. Классификация способов превращения сливной стружки из непрерывной в дробленую // Пути интенсификации производственных процессов при механической обработке. Томск, 1979. - с.20-24. 4. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. М.: Машиностроение, 1970. - 352 с. 5. Мансырев И.Г. Способы кинематического дробления стружки при резании // Станки и инструмент. 1976 № 2, - с.32-34.

Сдано в редакцию 27.03.08

УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО СТАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫМИ МЕТОДАМИ

Шматов А. А. (БНТУ, Минск, Беларусь)

A new hardening methods for cutting tools has been developed by thermocycling heat treatment and hidrochemical treatment. The treatment results in improvement of the service life for cutting tools by the factor of 1,6-10,8. The processes are simple and economical efficient.

Введение. Поскольку технический прогресс развивается в направлении снижения себестоимости продукции, а это невозможно без применения высокопроизводительных процессов и использования износостойких инструментов, задача повышения эксплуатационной стойкости стального режущего инструмента остается актуальной.

Острота и насущность вопроса состоит в том, что уже существует множество способов поверхностного и несколько меньше объемного упрочнения, однако эти методы довольно часто не взаимосвязаны между собой и поэтому применение их не всегда эффективно. В последнее время все больше и больше внимания уделяют различным комбинированным способам упрочнения инструмента и деталей машин. Однако подавляющее большинство исследований носит односторонний характер, т.е. в основном комбинируют поверхностные методы упрочнения, не принимая во внимание объемные упрочняющие технологии [1-4 и др.]. При этом комбинируют методы химико-термической, лазерной, ионно-плазменной, ультразвуковой, вибромеханической и прочие виды поверхностных обработок. Напротив, известно незначительное число работ [5-8] по химико-термоциклической обработке (ХТЦО) стального инструмента и изделий, где комбинируют поверхностный метод упрочнения - диффузионное насыщение стали углеродом, бором и др. элементами с объемным – термоциклической термообработкой. Основным недостатком указанных поверхностно-объемных методов упрочнения является их большая трудоемкость из-за длительности и высоких температур проведения процесса.

В данной работе предложены новые экономически и технологически эффективные процессы упрочнения инструмента: для объемного упрочнения – (1) упрочняющая термоциклическая обработка (УТЦО), а для поверхностного упрочнения – (2) низкотемпературная наногидрохимическая обработка (НГХО). При комбинировании этих процессов открываются большие возможности их практического применения.

Целью настоящей работы явилось (а) разработка и исследование дешевых и высокоэффективных методов объемного (УТЦО) и поверхностного (НГХО) упрочнения стального инструмента, (б) комбинирование указанных процессов и его практическое применение для повышения стойкости стального инструмента.

Объекты и методика исследований. (1) В настоящей работе был изучен только один вариант упрочняющей термоциклической обработки (УТЦО) быстрорежущих сталей, который согласно опубликованным данным [5, 9-11], является наиболее эффективным. В отличие от традиционной термообработки (рис.1), выбранный процесс УТЦО включает многократный нагрев и охлаждение стали выше и ниже критической точки A_1 с окончательным закалочным охлаждением на последнем цикле и последующим традиционным трехкратным отпуском (рис.2). Процессы УТЦО изучали на быстрорежущих сталях S6-5-2 (Германия) и Р6М5 (6% W, 5% Mo), Р18 (18% W), Р6М5К5 (6% W, 5% Mo, 5% Co) (Россия).

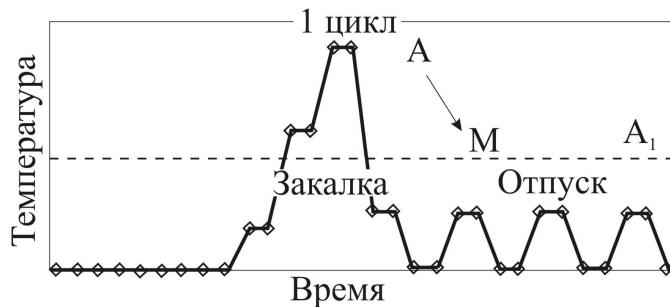


Рис. 1. Диаграмма традиционной термической обработки быстрорежущей стали

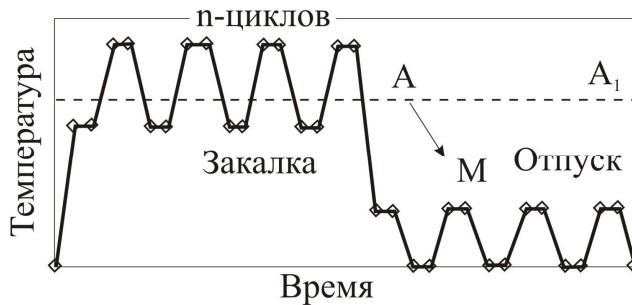


Рис. 2. Диаграмма УТЦО быстрорежущей стали, включающая термоциклирование выше и ниже критической точки A_1 с закалочным охлаждением на последнем цикле и отпуск

(2) В работе разработан и изучен низкотемпературный процесс наногидрохимической обработки (НГХО) путем проведения двух операций: (а) химической обработки поверхности сталей при температуре 80-100°C в течение 30-60 минут в специальной водной суспензии на базе ультра-, нанокарбида титана и карбидообразующих компонентов и (б) последующей термической выдержке при температуре 130-200°C в течение 60-120 минут в окислительной среде. Специальную водную суспензию готовили путем последовательного введения и механического смешения водорастворимых карбидосодержащих соединений титана вместе с нерастворимыми ультрадисперсными и наноразмерными порошками карбида титана и наноалмаза. Перед употреблением рабочего раствора дополнительно вводили активаторы процесса: водорастворимые органические и неорганические вещества с сильными восстановительными свойствами. Стальные образцы предварительно обезжиривали и декапировали в растворе серной кислоты.

Для изучения структуры и фазового состава упрочненных быстрорежущих сталей применяли микроструктурный, рентгеноструктурный, дюрометрический и микрорентгеноспектральный анализы. Сравнительные испытания на износ проводили

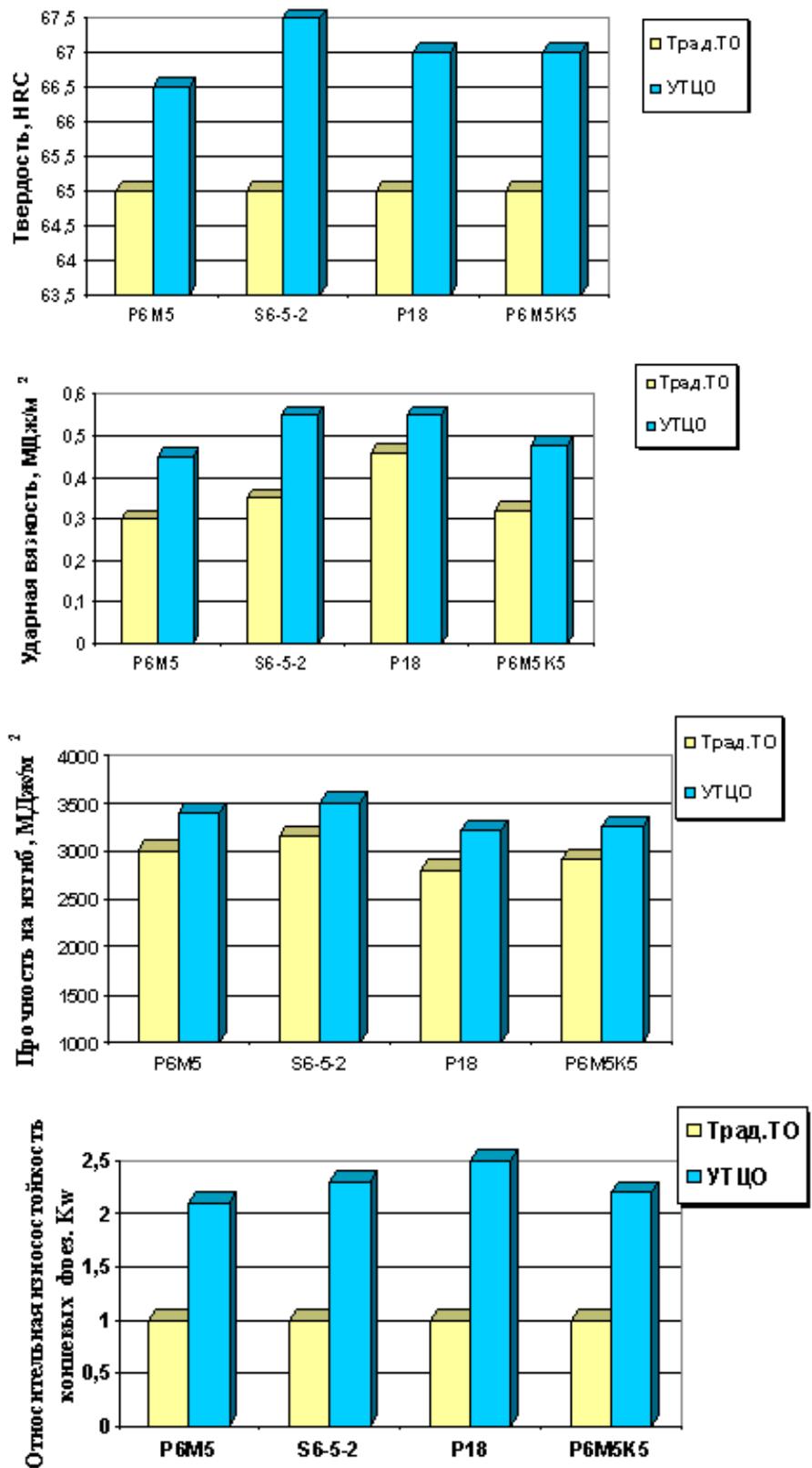


Рис. 3. Сравнительные свойства термически упрочненных быстрорежущих сталей

путем фрезерования нержавеющей стали 40Х13 (НВ 320) концевыми фрезами (диаметром 8 мм) из быстрорежущих сталей, подвергнутых УТЦО, НГХО и традиционной термообработке. Режимы резания этих фрез были следующие: скорость фрезерования $V_c = 29,9$ м/мин, подача $f_z = 0,01$ мм, глубина фрезерования $a_p = 2$ мм, ширина фрезерования $a_f = 8$ мм. Показатель относительной износостойкости инструмента определяли по формуле $K_w = t_2/t_1$, где t_1 - время работы (или длина рабочего хода) концевой фрезы, обработанной традиционной термообработкой, t_2 - время работы упрочненной концевой фрезы до образования критериального значения лунки износа VB_{max} , равного 0,25 мм.

Результаты исследований. (1) Сравнительные данные по твердости, ударной вязкости, прочности на изгиб и износостойкости концевых фрез из быстрорежущих сталей S6-5-2, Р6М5, Р18, Р6М5К5, подвергнутых традиционной термообработке (Трад.ТО) и упрочняющей термоциклической термообработке (УТЦО) с двумя термоциклами, представлены на рис. 3.

Для равноценного сравнения указанных свойств условия закалки быстрорежущих сталей при проведении УТЦО и традиционной термообработки были одинаковыми.

На основании полученных данных следует отметить, что применение УТЦО с двумя термоциклами для различных быстрорежущих сталей приводит к одновременному повышению ударной вязкости быстрорежущих сталей в 1,5-1,7 раза, прочности на изгиб на 10-15% и поверхностной твердости на HRC 1,5-2,5 выше, по сравнению с традиционной термообработкой.

Сравнительные микроструктуры быстрорежущей стали Р18, упрочненной традиционной термообработкой и УТЦО с двумя термоциклами представлены на рис. 4.

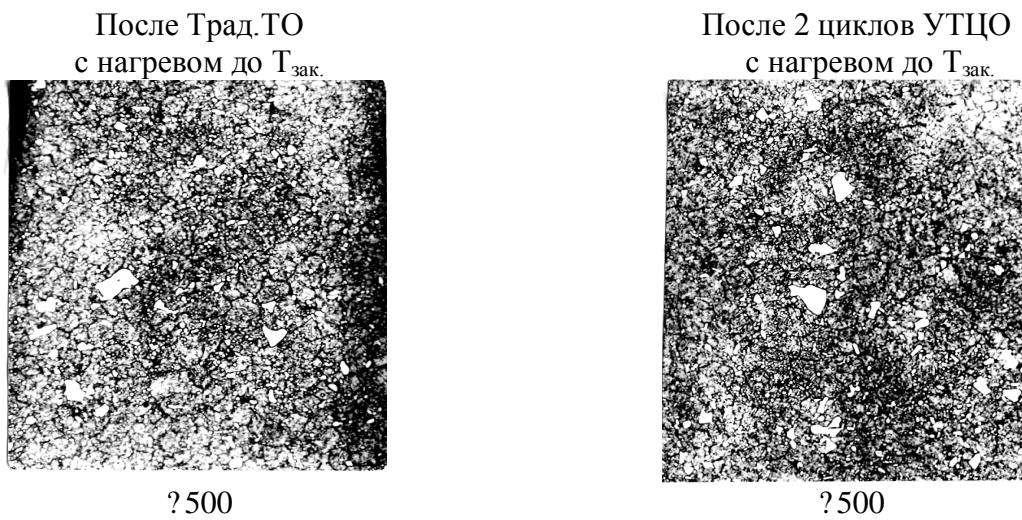


Рис. 4. Микроструктуры термически упрочненных фрез из стали Р18

Результаты исследования микроструктуры, химического и фазового состава термически упрочненной быстрорежущей стали Р18 показали, что улучшение свойств после ее УТЦО, связано с измельчением зерен, уменьшением размера карбидных частиц, однородным распределением карбидной фазы в объеме металла, повышением степени легированности мартенсита вольфрамом, ванадием и хромом, уменьшением в закаленной стали количества остаточного аустенита.

(2) В настоящей работе разработан и исследован низкотемпературный процесс поверхностного упрочнения режущего инструмента методом наногидрохимической

обработки (НГХО), который включает в себя 2 операции: химическую обработку в водной суспензии на базе ультра-, нанокарбида титана и карбидообразующих компонентов и последующую термообработку.

В результате проведения сравнительных испытаний фрез, упрочненных методом НГХО, установлено, что их износостойкость зависит от химического состава и кислотности водной суспензии, температуры и времени проведения процесса химической обработки. Наиболее приемлемыми параметрами химической обработки являются: температура 90-100°C, время 40-60 мин., кислотность рабочей ванны РН 5,5-8,0, что позволяет достичь максимальной износостойкости фрез. Проведение последующей термической выдержки при НГХО также повышает износостойкость стального инструмента. Оптимальными параметрами отпуска инструментальной стали в окислительной среде являются: температура 150-200 °C, время 1-1,5 часа.

Отмечено, что процесс низкотемпературной наногидрохимической обработки (НГХО) имеет двойственный характер упрочнения: во-1-х, на поверхности стали формируются антифрикционные дискретные покрытия толщиной 0,5-4 мкм, содержащие включения ультрадисперсного и наноразмерного карбида титана (рис.5), во 2-х, на глубине 1-2 мм в обрабатываемой стали формируется зона повышенных напряжений сжатия и изменяется химический состав подложки путем ее пропитки наноразмерными частицами карбида титана.

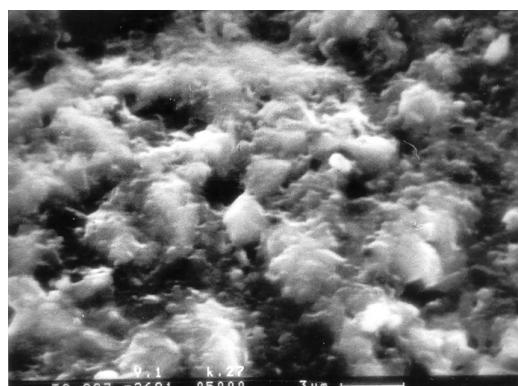


Рис. 5. Микроструктура поверхности быстрорежущей стали Р18 после НГХО

Проведенные нами стеновые испытания по схеме «упрочненный образец – контртело» без смазки показали, что наногидрохимическая обработка быстрорежущей стали Р18 (HRC 65) позволила снизить ее коэффициент трения скольжения в паре с нержавеющей сталью 40Х13 (HRC 30) до значений 0,15-0,25.

Предполагаемая картина наногидрохимического упрочнения, по-видимому, следующая: (а) при химической обработке в водном составе на базе ультра-, нанокарбида титана и карбидообразующих компонентов на поверхности стали осаждаются включения наноалмаза, нанокарбида титана, металлоорганические комплексы на их основе. Нанокарбид титана синтезируется в водной суспензии из карбидообразующих компонентов в присутствии наноразмерных зародышей карбида титана в результате химического взаимодействия ионов титана и атомарного углерода. Кроме осаждения на поверхности стали, частицы наноразмерного карбида титана, наноалмаза и их комплексов проникают на глубину 1-2 мм по границам зерен и блоков мозаики; (б) последующая изотермическая выдержка разлагает эти комплексы до наноразмерного карбида титана, частицы которого со временем коагулируют в ультрадисперсные образования.

Объяснить положительные структурные изменения стали после НГХО можно также эффектом Ребиндера. Данный эффект носит адгезионный характер взаимодействия поверхности любого твердого тела с жидкой окружающей средой и осуществляется при взаимодействии твердых тел с поверхностно-активными веществами. В результате такого физико-химического влияния окружающей среды чаще всего наблюдается снижение прочности и пластичности твердых тел за счет уменьшения поверхностной энергии тела. Такое влияние носит обратимый характер, т.е. после удаления с поверхности твердого тела поверхностно-активных веществ механические свойства тел обычно полностью восстанавливаются. Однако имеется несколько примеров, когда в результате прекращения воздействия среды на материал его механические свойства, в т.ч. сопротивляемость разрушению и износу, не только восстанавливаются, но и возрастают [12].

Применение результатов исследований. Многочисленные промышленные и лабораторные испытания инструмента показали, что комбинирование разработанных методов объемного и поверхностного упрочнения (УТЦО и последующая НГХО) позволило повысить эксплуатационную стойкость только режущего инструмента из быстрорежущих сталей в 1,6 – 10,8 раза выше по сравнению со стандартным (табл.1). Причем использование только одного вида упрочнения инструмента (либо УТЦО, либо НГХО) не дает такого высокого результата в повышении износостойкости, как при оптимальном комбинировании этих методов.

Наибольшие показатели износостойкости поверхностно и объемно упрочненного инструмента достигаются при резании нержавеющих, жаропрочных, титановых и других труднообрабатываемых сплавов.

Таблица 1. Результаты испытаний режущего инструмента, комбинированно упрочненного УТЦО и НГХО

Вид инструмента	Марка быстрорежущей стали	Повышение стойкости инструмента, раз
фрезы	P6M5, S6-5-2, P18	1,8 – 6,3
резцы	P6M5	1,6 – 4,5
сверла	P6M5, S6-5-2, P18	1,9 – 4,2
развертки, зенкера	P6M5, P18, P9M4K8МП	1,8 – 4,0
метчики	P6M5, S6-5-2, P18, P9M4K8МП	2,0 – 10,8
протяжки	P6M5, P18	1,8 – 2,6
долбяки	P6M5	1,6 – 2,1

Процессы УТЦО и НГХО использованы на предприятиях Беларуси и России.

Выводы.

1. Разработан простой и экономичный способ объемного термоциклического упрочнения УТЦО, который одновременно повышает взаимно противоположные свойства: твердость (прочность) наряду с вязкостью быстрорежущих сталей, что положительно сказывается на износостойкости режущего инструмента.

Улучшение структурно-зависимых свойств быстрорежущих сталей, подвергнутых УТЦО, связано с измельчением зерен, уменьшением размера карбидных частиц, однородным распределением дисперсных карбидов, повышением степени легированности мартенсита и снижением содержания остаточного аустенита в структуре стали.

2. Предложен простой и высокопроизводительный метод поверхностного наногидрохимического упрочнения НГХО, который формирует на поверхности инструмента наноструктурные покрытия на основе упрочняющей фазы с высокими антифрикционными свойствами.

3. Комбинирование новых способов объемного и поверхностного упрочнения: УТЦО и НГХО позволяет в 1,6 – 10,8 раза повысить эксплуатационную стойкость режущего инструмента по сравнению со стандартным.

Список литературы: 1. Чудина, О.В. Комбинированные технологии поверхностного упрочнения конструкционных сталей: дис. ... докт. техн. наук / О.В. Чудина. – Москва, 2004. – 336 с. 2. Федоров, С.В. Комбинированная поверхностная ионно-плазменная обработка инструмента из быстрорежущей стали: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Федоров. – Москва, 2004. – 108 с. 3. Суханов, Р.С. Повышение износстойкости прорезных фрез на операции фрезерования пазов в язычковых иглах комбинированным ионно-лазерным упрочнением: дис. ... канд. техн. наук / Р.С. Суханов. – Иваново, 2003. – 108 с. 4. Власов, С.Н. Повышение работоспособности режущего инструмента путем комбинированной упрочняющей обработки: дис. ... канд. техн. наук / С.Н. Власов. – Ульяновск, 2000. – 294 с. 5. Федюкин, В.К. Научное обоснование и разработка технологий улучшающей термоциклической обработки металлических материалов: дис. ... докт. техн. наук / В.К. Федюкин. – Санкт-Петербург, 1993. – 323 с. 6. Гурьев, А.М. Экономно-легированные стали для литых штампов горячего деформирования и их термоциклическая и химико-термоциклическая обработка: дис. ... докт. техн. наук / А.М. Гурьев. – Томск, 2001. – 487 с. 7. Забелин, С.Ф. Основы технологии и кинетической теории процессов диффузионного насыщения сталей в условиях термоциклического воздействия на материал: дис. ... докт. техн. наук / С.Ф. Забелин. – Чита, 2004. – 219 с. 8. Лыгденов Б.Д. Фазовые превращения в сталях с градиентными структурами, полученными химико-термической и химико-термоциклической обработкой: дис. ... канд. техн. наук / Б.Д. Лыгденов. – Новокузнецк, 2004. – 226 с. 9. Федюкин В.К. Метод термоциклической обработки металлов. – Л.: ЛГУ, 1984, - 192 с. 10. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов. / Под ред. М.Х. Шоршорова – М.: Наука, 1984, - 186 с. 11. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989, - 255 с.: ил. 12. Фридман, Я.Б. Механические свойства металлов. / Я.Б. Фридман - М.: Машиностроение, 1974. - Т.2 - 135 с.

Сдано в редакцию 15.05.08

ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ ВІБРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ З ІНЕРЦІЙНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО СКЛАДАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Ярошевич Т.С., Силивонюк А.В., Ярошевич М.П. (ЛНТУ, м. Луцьк, Україна)

The problem of acceleration of unbalanced vibro-exciter of vibration machine with electric motor of asynchronous type was considered.

У багатьох вібраційних машинах та пристроях коливання збуджуються механічними дебалансними віброзбудниками, що приводяться в обертання трифазними електродвигунами асинхронного типу. Частоти власних коливань пружно підвішеного