



БАРЫШНИКОВА

Ольга Олеговна

кандидат технических наук,
доцент
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

BARYSHNIKOVA

Olga Olegovna

Candidate of Engineering
Sciences, Assoc. Prof.
(MSTU named
after N.E. Bauman)

Проектирование механизмов с гибкими трубчатыми элементами

О.О. Барышникова

Рассмотрены различные механизмы, в основе конструкции которых лежит применение гибких трубчатых элементов. Решены задачи подбора геометрических параметров гибких трубчатых пружин и оценки прочностных характеристик.

Ключевые слова: гибкий трубчатый элемент, пружина Бурдона, вибромашина.

Designing mechanisms with flexible tubular elements

O.O. Baryshnikova

The article considers various mechanisms, which design is based on the use of flexible tubular elements. The problems of selection of the flexible tube springs geometrical parameters and evaluation of the strength characteristics have been solved.

Keywords: flexible tubular element, Bourdon spring, vibromachine.

Гибкие элементы в форме тонкостенной трубки вытянутого поперечного сечения с изогнутой по окружности центральной осью традиционно использовались для измерения давления [1, 2]. Манометрическая трубчатая пружина впервые была применена Бурдоном в 1851 г. Основное свойство пружины Бурдона — способность изменять радиус кривизны центральной оси в зависимости от давления, подаваемого во внутреннюю полость.

В настоящее время трубчатые пружины нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Преимущества механизмов, использующих пружину Бурдона:

- получение требуемого хода рабочего органа при малых габаритах;
- возможность сохранения работоспособности упругого элемента при изменении рабочего давления в широком диапазоне;
- простота конструкции механизма;
- высокая ремонтпригодность;
- сохранение чистоты рабочей среды.

Интересной для практики является задача создания вибромашин различного назначения. Для уплотнения балластного слоя верхнего строения пути железнодорожного полотна применяется шпалоподбивочная машина. Рабочие органы заглубляются в балластный слой под подбиваемой шпалой и сближаются, подавая балласт под нее. В машинах циклического действия рабочими органами являются колеблющиеся вертикальные подбойки, а в машинах непрерывного действия — подбивочные плиты клиновидной формы. Независимо от вида

шпалоподбивочной машины конструкция шпалоподбивочных блоков громоздкая с множеством кинематических связей. Применение трубчатой пружины позволяет создать простую компактную конструкцию. Подбивочный блок с рабочими органами в виде трубчатых пружин представлен на рис. 1, а. Шток гидроцилиндра 1 под действием давления и собственного веса перемещается вниз для заглубления в балласт 5. В рабочую полость трубчатой пружины 2 через шток 1 подается пульсирующее давление 3, заставляя вибрировать рабочие органы. Рабочие органы заглубляются в балласт, перераспределяя его под шпалами 4. Свободные концы трубчатой пружины 2 (рис. 1, б) получают необходимые выходные характеристики в зависимости от подаваемого во внутреннюю полость давления.

При укладке тротуарной плитки для ее осадки используется только ручной труд. Создание машины для осадки тротуарной плитки позволит существенно снизить трудоемкость и стоимость работ, увеличить производительность, свести к минимуму негативное влияние человеческого фактора.

Принципиальная схема плиткоукладчика, использующего в качестве рабочих органов

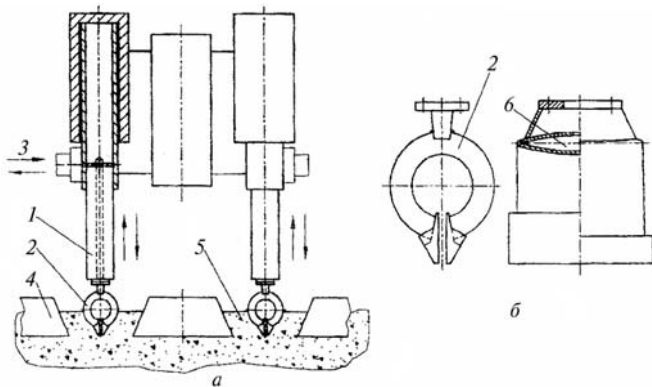


Рис. 1. Конструктивная схема шпалоподбивочного блока с рабочими органами в виде трубчатых пружин (а) и поперечное сечение трубчатой пружины (б):

1 — шток гидроцилиндра; 2 — рабочий орган (трубчатая пружина); 3 — пульсирующее давление; 4 — шпала; 5 — балласт; 6 — форма поперечного сечения

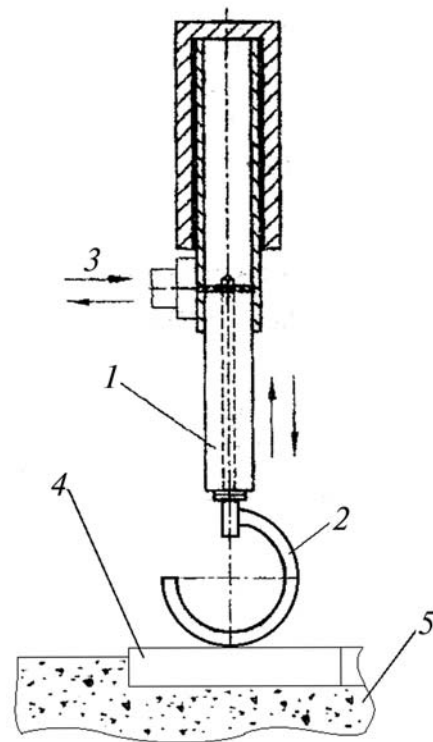


Рис. 2. Принципиальная схема плиткоукладчика:

1 — гидроцилиндр; 2 — трубчатая пружина;
3 — пульсирующее давление; 4 — плитка;
5 — песчаная подушка

трубчатую пружину, показана на рис. 2. Принцип работы основан на вибрации трубчатой пружины 2 под действием пульсирующего давления 3, которое подается во внутреннюю полость трубки через шток гидроцилиндра 1. В результате вибрации рабочего органа плитка 4 осаживается на песчаной подушке 5.

Для трубчатых элементов силового воздействия на основе трехмерного изопараметрического конечного элемента была создана математическая модель, построенная по вариационным принципам строительной механики — принцип минимизации функционала потенциальной энергии механической систем. Для анализа трехмерного напряженного состояния использовался конечный элемент с различной аппроксимацией перемещений в различных направлениях. На основе описанной математической модели разработан пакет программ для персональных компьютеров, позволяющий проектировать пластины, тонкостенные оболочечные конструкции, оболочки вращения и оболочки средней толщины с переходом

к трехмерным телам. Разработанный комплекс программ написан на языке ФОРТРАН и предназначен для анализа трехмерного напряженно-деформированного состояния тел общего вида, находящихся под действием распределенной нагрузки. Анализ достоверности результатов для предлагаемого пакета программ был рассмотрен на тестовых задачах, для которых известны точные аналитические решения.

Размеры базовой модели пружины получены, исходя из конструктивных соображений. Радиус изгиба $\rho = 41,5$ мм, длина большей полуоси $a = 63,5$ мм, длина меньшей полуоси $b = 10$ мм, толщина $h = 3$ мм.

Для исследования влияния геометрических размеров напряженно-деформированного состояния пружины проведен ряд расчетов с изменением размеров радиуса изгиба пружины ρ и толщины трубки h , выходными параметрами. Радиус изгиба пружины изменялся от 41,5 до 101,5 мм, толщина стенки — от 1 до 4 мм. Повышению чувствительности примерно в одинаковой степени соответствует увеличение радиуса пружины или уменьшение ее толщины. Рассчитана низшая собственная частота колебаний пружины, которая составила 123,8 Гц. Это позволит разработчикам вибрационных

механизмов строить резонансные адаптивные системы, которые, в свою очередь, позволят эффективно работать с уплотняемым материалом, имеющим различные характеристики в разных климатических условиях. Трубчатые пружины в конструкции различных вибромашин обеспечивают все преимущества пружин Бурдона.

В медицине и сельском хозяйстве широко используется селен в качестве стимулятора иммунной системы человека, животных, средства повышения урожайности. Наибольшей эффективности удастся достичь с использованием нанораствора селена, производство которого возможно методом лазерной абляции. Особенностью этого метода является строгая очередность положения лазера относительно емкости с раствором в процессе абляции. Для правильного изготовления раствора головка лазера должна находиться первоначально напротив верхнего слоя раствора, следующее положение — напротив нижнего слоя, третье положение — напротив среднего слоя. Для исключения вовлечения в процесс посторонних элементов предлагается в качестве устройства, задающего движения, использовать гибкий трубчатый элемент. Схема для проведения ла-

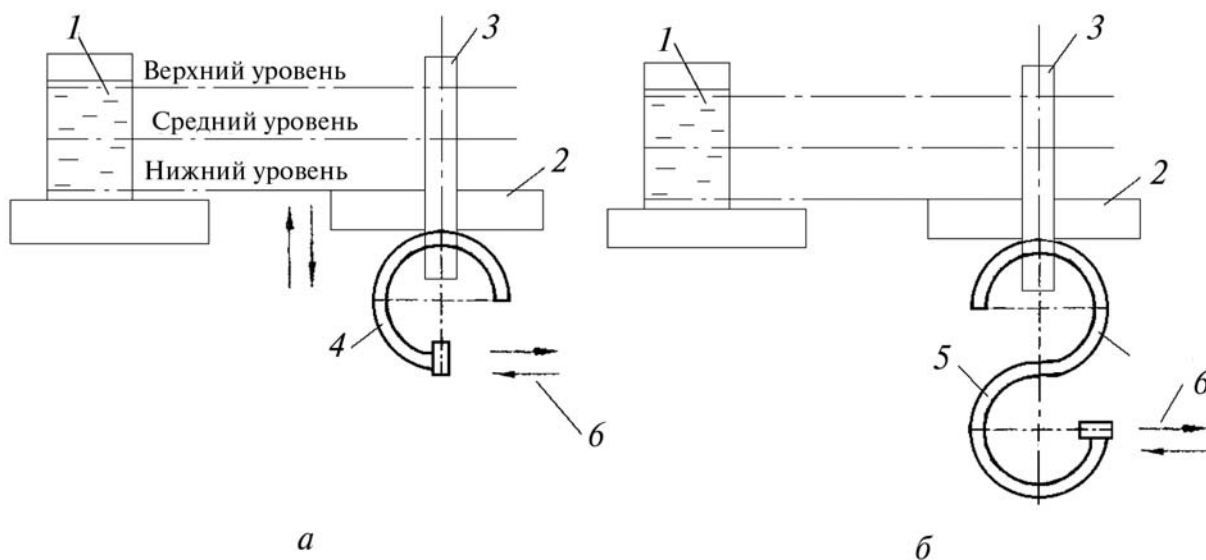


Рис. 3. Схема устройства для проведения лазерной абляции селена:

а — исходное состояние трубчатой пружины, обеспечивающей перемещение платформы на средний уровень;
б — исходное состояние S-образной трубчатой пружины, обеспечивающей перемещение платформы на уровень верхнего слоя; 1 — емкость; 2 — платформа; 3 — вертикальная направляющая; 4, 5 — трубчатая пружина; 6 — давление

зерной абляции селена представлена на рис. 3. Исходный раствор селена расположен в емкости 1. Перемещение платформы 2, на которой расположена головка лазера, осуществляется по вертикальным направляющим 3 под действием усилия со стороны трубчатой пружины 4 или 5. В исходном положении головка лазера расположена на нижнем уровне.

Возможно обеспечить перемещение платформы 2 на уровни среднего и верхнего слоев двумя способами:

1) под действием давления 6 различных величин, подаваемого во внутреннюю полость пружины 4;

2) под действием давления определенной величины, подаваемого в различные пружины — 4 или 5.

Конструктивно второй способ реализуется существенно проще.

При атмосферном давлении обе пружины имеют исходную геометрию и платформа 2 занимает нижнее положение. При подаче давления в S-образную пружину платформа 2 перемещается в верхнее положение и головка лазера располагается на уровне верхнего слоя. Второй этап абляции происходит на нижнем уровне, при этом в обеих пружинах нет избыточного давления. Для завершения процесса лазерной абляции давление подается в трубчатую пружину 4 и головка лазера располагается на уровне среднего слоя.

Расчет рабочей характеристики пружины выполнен в пакете ANSYS. Следует отметить, что подбор геометрических параметров трубчатой пружины осуществлен с учетом значения требуемого максимального перемещения го-

ловки лазера и диапазона изменения рабочего давления, передаваемого от компрессора.

Применение трубчатой пружины в механизме для перемещения головки лазера обеспечивает точность работы и минимальный износ. Линейное перемещение головки лазера без перекосов осуществляется направляющими. Требуемое позиционирование лазера обеспечивается фиксаторами.

При проектировании упругого элемента в форме пружины Бурдона необходимо подобрать:

- форму поперечного сечения;
- радиус изгиба центральной оси;
- соотношения размеров поперечного сечения.

Использование упругой трубчатой пружины в качестве рабочего органа машин позволяет существенно упростить конструкцию, повышает ремонтпригодность и снижает себестоимость машинного агрегата.

Литература

1. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.
2. Механика и физика точных вакуумных механизмов. В 2 т. / А.Т. Александрова, Н.С. Вагин, Н.В. Василенко и др.; Под ред. Е.А. Деулина. М.: НПК «Интелвак»; Вакууммаш, 2002. Т. 2. 152 с.

References

1. Andreeva L.E. *Uprugie elementy priborov* [Elastic elements of the devices]. Moscow, Machine building Publ., 1981. 392 p.
2. Aleksandrova A.T., Vagin N.S., Vasilenko N.V. *Mekhanika i fizika tochnykh vakuumnykh mekhanizmov* [Mechanics and Physics of precise vacuum mechanisms]. Moscow, SPC «Intelvak»; Vakuummash, 2002. Vol. 2. 152 p.

Статья поступила в редакцию 03.10.2012

Информация об авторе

БАРЫШНИКОВА Ольга Олеговна (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория механизмов и машин». МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: barysh-oo@bmstu.ru).

Information about the author

BARYSHNIKOVA Olga Olegovna (Moscow) — Candidate of Engineering Sciences, Assoc. Prof. «Theory of Mechanisms and Machines» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia, e-mail: barysh-oo@bmstu.ru).