

УДК 621.774.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ГИБКЕ ТРУБ С ОБКАТЫВАНИЕМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ

*А.В. Козлов, А.Л. Суворов*

В данной работе была исследована технология холодной гибки труб методом обкатывания, разработано приспособление для измерения усилия гибки труб, приведены теоретические и экспериментальные исследования. Был спроектирован автоматизированный модуль гибки труб с обкатыванием на базе существующей лабораторной установки, разработана его функциональная схема.

Ключевые слова: гибка труб; исследование; автоматизированный модуль; лабораторная установка.

Гибка труб – основная операция технологического процесса изготовления криволинейных деталей трубопроводов. В современных промышленных условиях очень сложно произвести качественную холодную гибку труб диаметром более 60 мм. В Южно-Уральском государственном университете на кафедре технологии машиностроения, станков и инструментов разработана технология холодной гибки труб с обкатыванием. Применение такой технологии позволяет в 2–3 раза снизить усилиягиба и энергоемкость, а также полностью исключить сплющивание и гофрообразование. Новая технология позволяет сохранять различные виды покрытий, нанесенные на внутреннюю поверхность трубы (рис. 1).

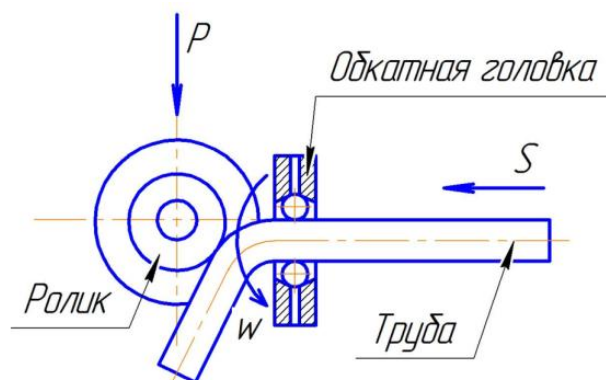


Рис. 1. Схема гибки труб с обкатыванием

В основе данной технологии лежит создание в изгибаемой трубе перемещающейся пластической зоны, в каждой точке которой под воздействием сосредоточенных радиальных сил возникают знакопеременные изгибные напряжения стенок трубы. Схема деформации трубы при ее обкатывании по наружной поверхности представлена на рис. 2 [1–3].

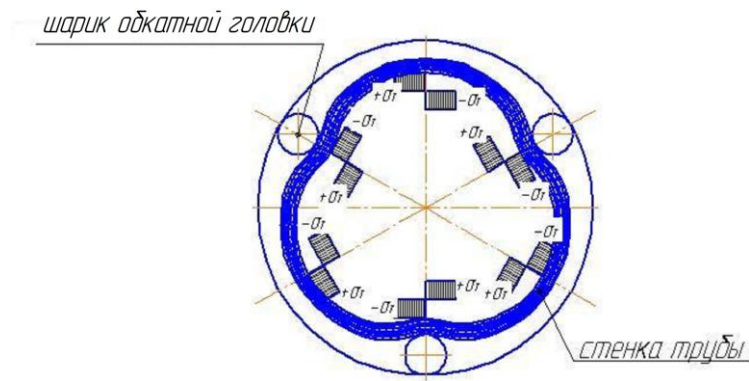


Рис. 2. Схема деформации трубы при обкатывании

На начальном этапе исследования теоретически было рассчитано усилие, необходимое для гибки труб без использования обкаточного инструмента. Расчеты были произведены на основе известных зависимостей из условия прочности материала трубы [4]. Установлено, что изгиб трубы  $\varnothing$  60 мм с толщиной стенки 3 мм из стали 20 (ГОСТ 1050-88) начинается при воздействии на неё поперечной силы равной  $P = 23\ 000$  Н.

Для получения экспериментальных данных об усилиях гибки при различных параметрах была спроектирована лабораторная установка. Кинематическая схема лабораторной установки показана на рис. 3. Вращение от двигателя 6 через ремённую передачу сообщается червяку 7, червяк, в свою очередь, передает вращение на червячное колесо, соединенное с цепной передачей 8, которая вращает ходовой винт подачи трубы 9. Главное движение от электродвигателя 5 передаётся на обкатную головку 1. При помощи прижимного ролика 3 происходит фиксация трубы в направляющей 2 и создается изгибающее усилие. Труба 4 устанавливается в обкатную головку 1, другой конец трубы упирается в подающий винт 9.

Для получения экспериментальных данных об усилиях гибки при различных параметрах в прижимной механизм был установлен динамометр. За основу был принят серийный динамометр сжатия модели ДС-3. Разработано приспособление для крепления динамометра на установке (рис. 4).

После проведения ряда экспериментов выявилось неудобство в использовании механического динамометра. Одним из его главных недостатков является отсутствие автоматической записи показаний. Применение автоматизированного устройства регистрации усилия позволило бы решить данную проблему, а также повысить точность измерения.

При разработке автоматизированного модуля были рассмотрены основные аналоги и виды датчиков, которые в них используются. В нашем устройстве за основу были взяты тензометрические резисторы КФ5П1-10-200, подключенные по схеме «4 активных тензорезистора» (рис. 5). Данная схема подключения применима для измерения деформации изгиба. Она термокомпенсирована и исключает температурную погрешность кабеля.

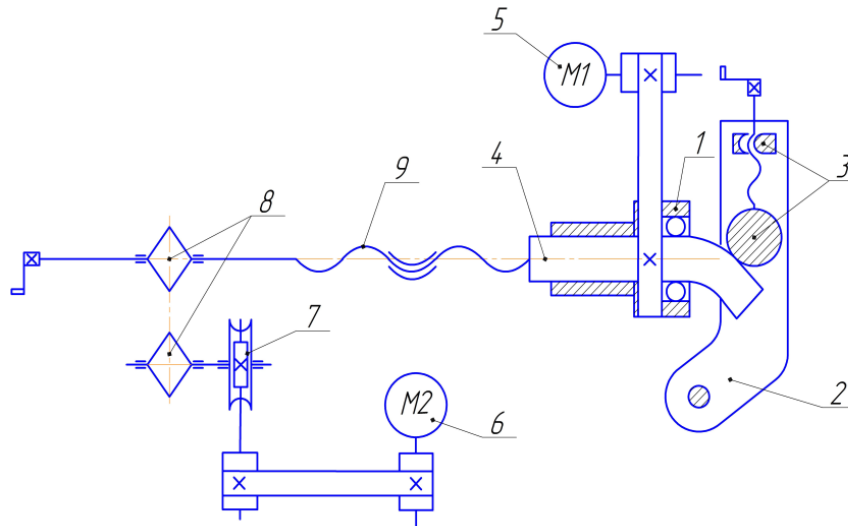


Рис. 3. Кинематическая схема лабораторной установки

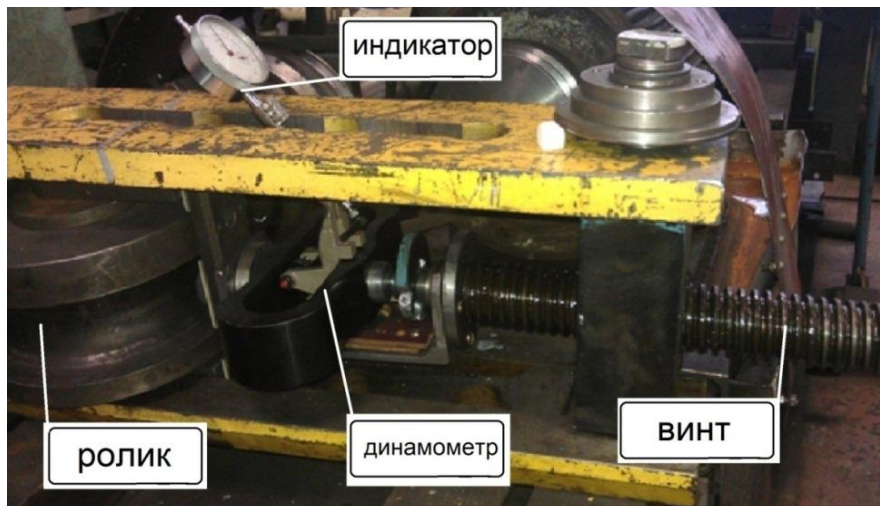


Рис. 4. Динамометр на прижимном ролике

Датчики 2 установлены на скобу динамометра 1 (рис. 6) с использованием клея марки БФ-6. Функциональная схема автоматизированного модуля представлена на рис. 7.

В одну диагональ мостовой схемы подается переменное напряжение номиналом 7,5 В. С другой диагонали моста снимается выходное напряжение (сигнал), зависящее от степени деформации скобы, с наклеенными на нее тензорезисторами. Так как выходной сигнал очень маленький (десятые доли микровольта) в схему встроены операционный усилитель с коэффициентом усиления  $K=100$ . Усилитель запитан от блока питания переменного тока с выходным напряжением 8,5 В. Далее выходной сигнал подается на линейный вход звуковой платы персонального компьютера. Для стабилизации напряжения в сети используется стабилизатор напряжения модели UPOWER АСН-500 с цифровым дисплеем.

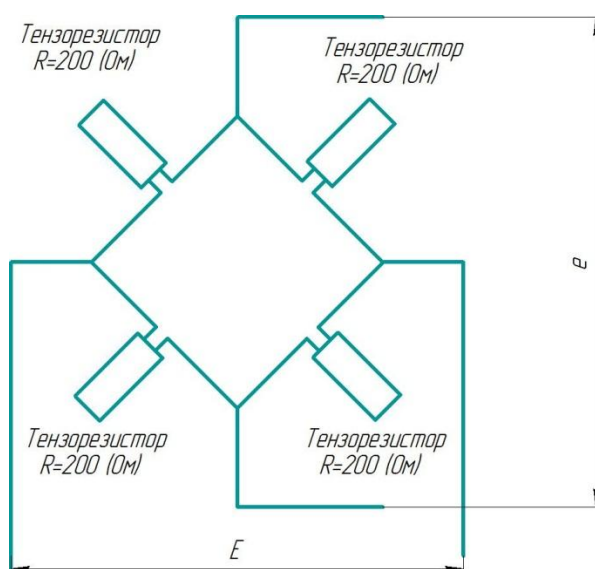


Рис. 5. Схема подключения тензорезисторов

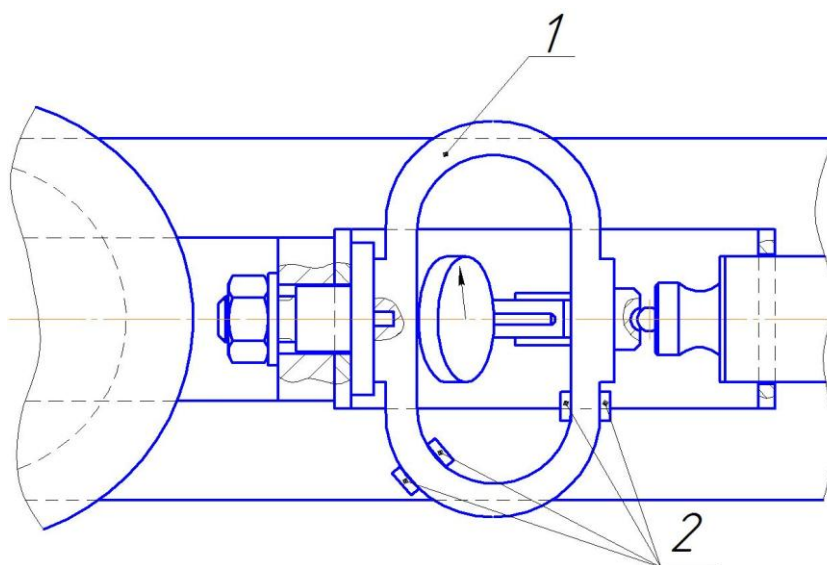


Рис. 6. Схема крепления датчиков

Регистрация изменения выходного сигнала производится с помощью программного обеспечения Power Graph 2.2. Данная программа имеет функцию осциллографа-самописца и позволяет записывать изменения входного сигнала с интервалом до 0,2 с.

Была выполнена поверка на динамометре с использованием индикатора часового типа и автоматизированного модуля (рис. 8), построен тарифировочный график (рис. 9).

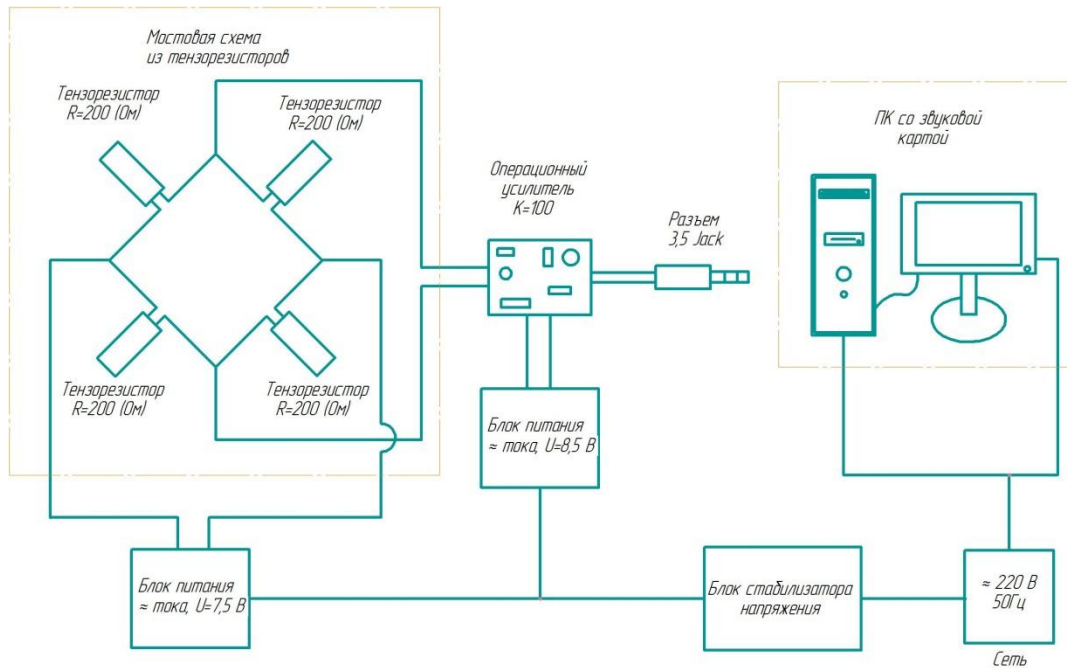


Рис. 7. Функциональная схема автоматизированного модуля

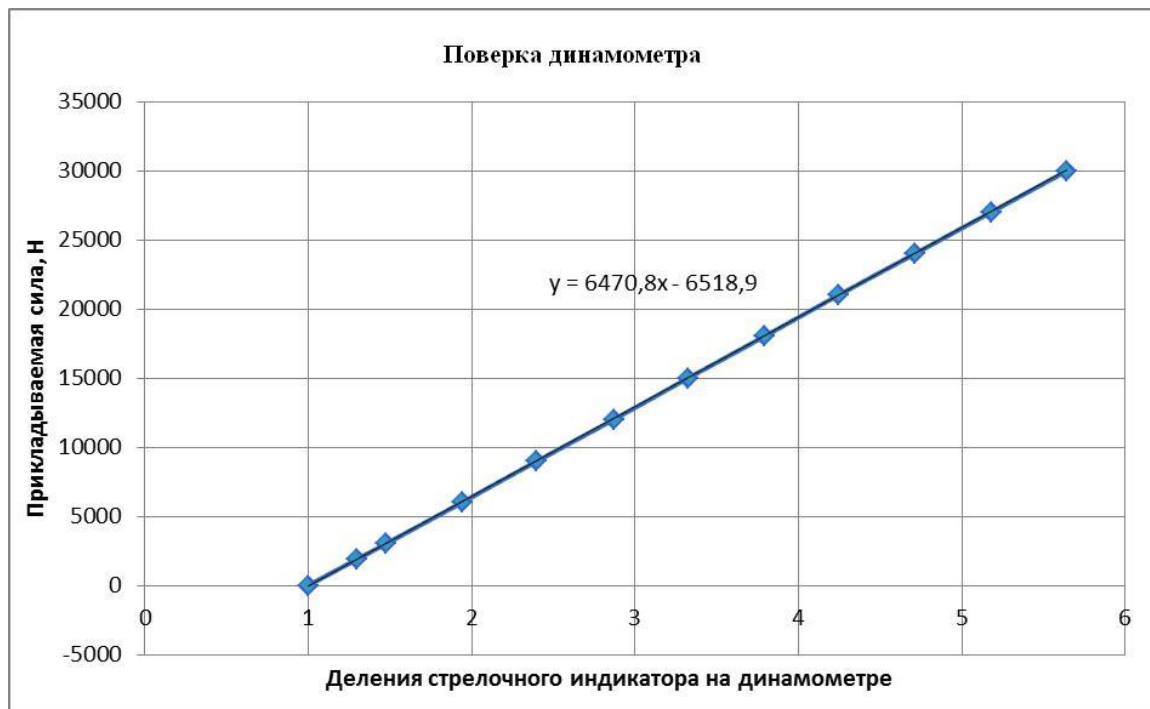


Рис. 8. График зависимости приложенной нагрузки на динамометр от показаний стрелочного индикатора

С использованием автоматизированного модуля была проведена серия экспериментов с обкатыванием изгибаемой трубы на различных режимах гибки, главными из которых являются натяг обкатной головки и скорость продольной подачи трубы.

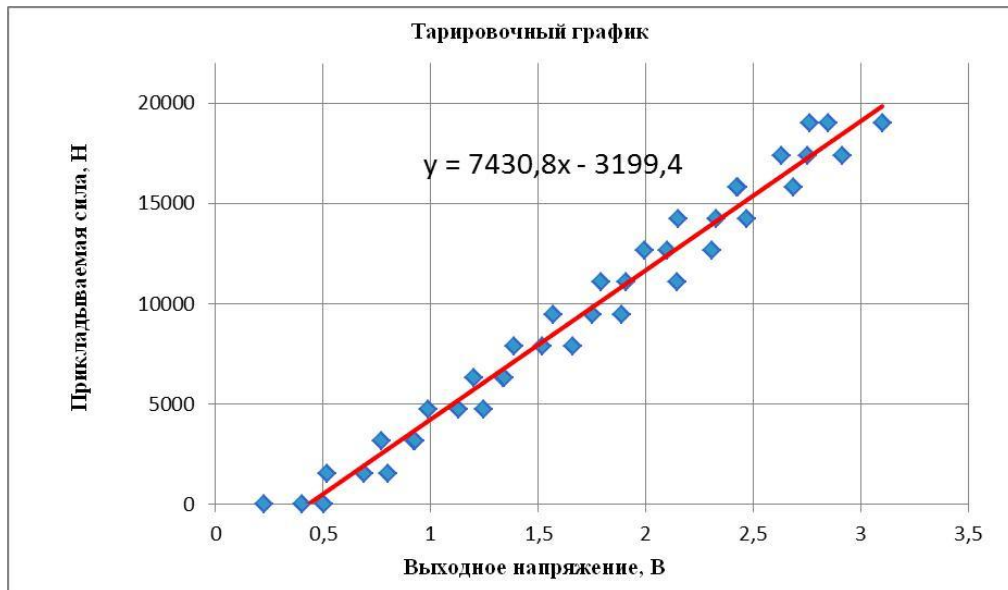


Рис. 9. График зависимости силы, прикладываемой при гибки труб, от выходного напряжения устройства

В качестве образцов для проведения эксперимента были использованы трубы из стали 20. Геометрические параметры образцов: длина – 1200 мм; диаметр – 60 мм; толщина стенки – 3 мм.

Результаты измерений представлены в таблице и в графическом виде на рис. 10, 11. Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

- 1) наименьшее усилие гибки достигалось при минимальном значении продольной подачи. При увеличении подачи в 4 раза усилие гибки трубы возрастает на 11,5–20,5 %;
- 2) при гибке трубы с обкатыванием сохраняется внутреннее защитное покрытие трубы.
- 3) полученные данные позволяют уточнить режимы гибки труб и технические характеристики станков.

Таблица

Результаты проведения эксперимента

Натяг, мм	Подача, мм/мин	Усилие гибки в установившемся режиме, Н
0,5	50	9500
	60	9800
	70	10700
1	50	8100
	60	7100
	70	8900
1,5	50	3000
	60	3200
	70	3500

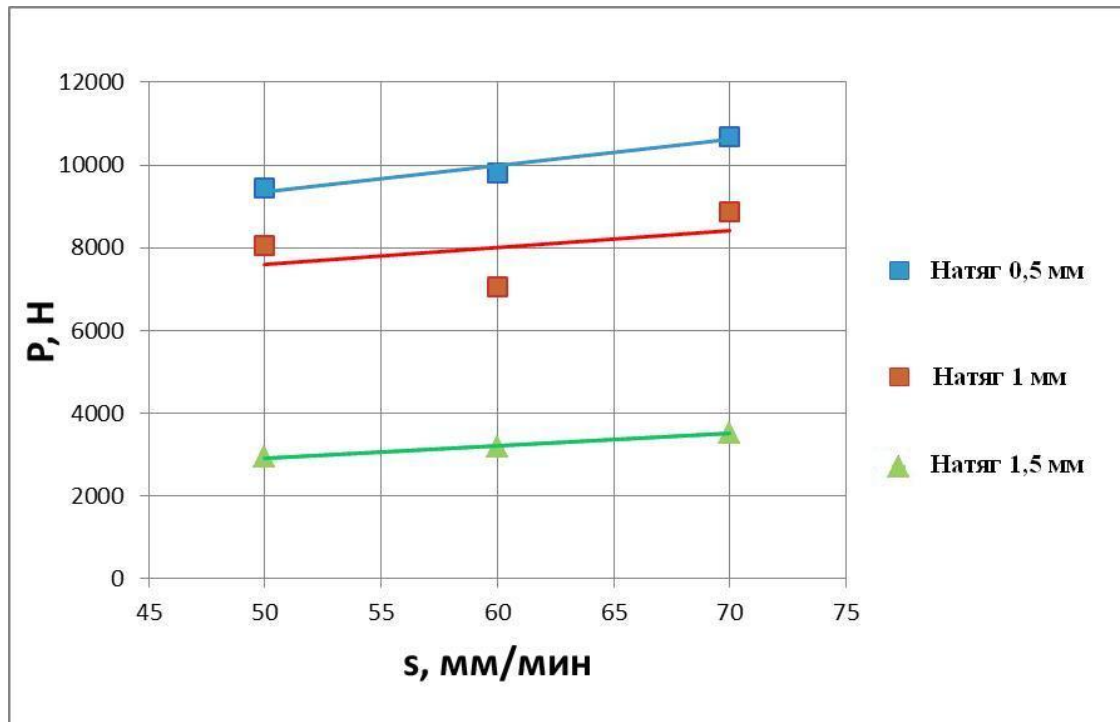


Рис. 10. График зависимости усилия от подачи в установившемся режиме гибки

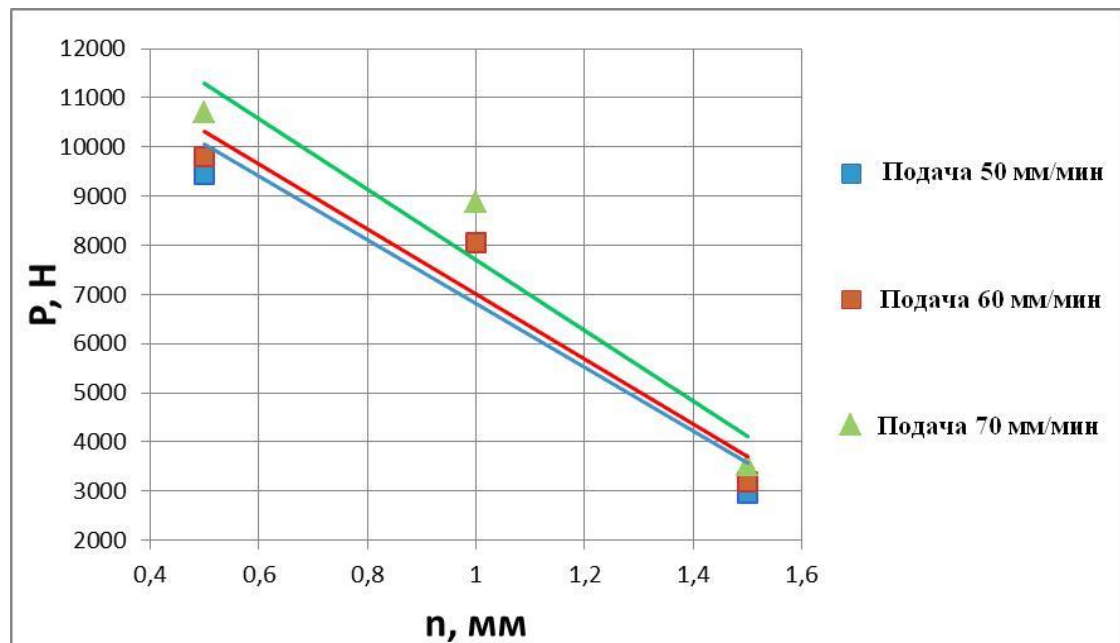


Рис. 11. График зависимости усилия от натяга в установившемся режиме гибки

При проведении серии экспериментов запись показаний производилась с двух приборов: динамометра сжатия, расположенного на установке, и разработанного автоматизированного модуля. После обработки результатов было установлено, что средняя ошибка регистраций показаний с устройства не превышает 2 %.

### Библиографический список

1. Козлов, А.В. Технология и оборудование холодной гибки тонкостенных труб: монография / А.В. Козлов, А.В. Бобылев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007.

2. Козлов, А.В. Новая технология гибки труб / А.В. Козлов, С.Г. Лакирев, Я.М. Хилькевич // Прогрессивная технология чистовой и отделочной обработки. – Челябинск: ЧГТУ, 1993.

3. Козлов, А.В. Холодная гибка с воздействием на изгибаемую трубу вращающимся раскатником-обкатником / А.В. Козлов, И.П. Дерябин // Надежность и качество в промышленности, энергетике и на транспорте: труды междунар. конф. – Самара: СамГТУ, 1999. – Ч. 1.

4. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976.