

Акционерное общество "Научно-исследовательский институт транспортного строительства" (АО ЦНИИС)

Испытательный центр строительных  
материалов и продукции в строительстве  
«ЦНИИС - ТЕСТ»

129329, Москва, Игарский пр., 2, стр.1  
Тел. (499) 1892757 Факс (499) 1897253  
1891501



RA.RU.21AB57 от 25.05.15г

Joint Stock Company "Transport Construction Research Institute" (TsNIIS)

"TsNIIS - TEST" test centre for building materials and production of construction

Igarskiy, 2-1 129329, Moscow, Russia  
Tel. (499) 1892757 Fax. (499) 1897253  
1891501

УТВЕРЖДАЮ

И.О. Главного инженера, к.т.н.

С.Ф. Евланов

2017 г.



## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ 09 от 31 марта 2017 г.

**Основание для проведения испытаний** – договор ИЦ-17-7010/1 от 25 января 2017 года с ООО «ПерилаСпецСтрой».

**Наименование продукции** – спайдеры – устройства для крепления стеклянного полотна к строительным конструкциям.

**Испытания предназначены** – для определения прочности и жесткости спайдеров при воздействии на них растягивающих и изгибающих сил.

**Предъявитель продукции** – ООО «ПерилаСпецСтрой»

**Дата получения образцов** – 08.02.17г.

**Место проведения** – Испытательный центр строительных материалов и продукции строительства АО «Научно-исследовательского института транспортного строительства (ИЦ «ЦНИИС-ТЕСТ»), адрес – 129329, г. Москва, Игарский пр., дом 2, стр.1, тел. (499)189–27–57, (499)189–15–01 (Аттестат аккредитации: № RA.RU.21AB57 от 25.06.2015г.)

**Сведения об испытательном оборудовании:**

- прогибомер БПАО №9140,
- свидетельство о поверке №СП 1083269 от 18.11.2016 г.

**Сведения об испытательных образцах** – Заказчиком представлено 6 видов спайдеров:

- X-образный (рисунок 1),
- Y-образный (рисунок 2),
- V-образный (рисунок 3),
- I-образный (рисунок 4),
- Y/2-образный (рисунок 5),
- I/2-образный (рисунок 6).

Материал спайдеров – сталь АиСи304 (аустенитная сталь), отечественный аналог С8Х18Н10.

Временное сопротивление – 515 МПа,  
Предел текучести – 205 МПа,  
Коэффициент деформации – 40%.

*Дата испытания образцов – 17 – 31 марта 2017г.*

### ***Методика испытаний***

#### ***1. Испытания спайдеров на растяжение радиальной силой.***

Основу испытательной установки выполнила труба Ø500 мм. К поверхности трубы приваривалась пластина размерами 200×200×10 мм, к которой приваривалась головка болта М16; на него насаживался поочередно каждый спайдер.

Спайдер закреплялся на болте М16 гайкой и контргайкой (рисунок 7).

В отверстие испытуемой консоли спайдера вставлялся рутель и к нему через стальную пластину размерами 110×80×10 мм (переданную Заказчиком) присоединялась подвеска, идущая к рычагу с соотношением плеч 1:10 (рисунок 8).

Испытания с рычагами были выбраны из-за того, что заданные Заказчиком расчетные усилия – 80 кгс и 100 кгс – были малы для имеющихся в лаборатории электронных динамометров.

Общие виды испытания спайдеров на растяжение даны на рисунках 9 – 13.

Ход экспериментов заключался в последовательном выполнении следующих операций: загрузка спайдера вертикальной силой 80 кгс, сброс нагрузки до 0, загрузка вертикальной силой 100 кгс и вновь сброс нагрузки до 0, затем с интервалом 100 кгс загрузка спайдера до 500 кгс, после чего проводили разгрузку до 0.

Одновременно с нагружением спайдеров снимали на каждом этапе нагрузки величину прогибов загруженной консоли спайдера по прибору ПАО-6, цена деления которого 0.01 мм.

Следует отметить важную деталь экспериментов. Вертикальная нагрузка прикладывалась через рутель к наклонной под 45° консоли спайдера. Это должно было привести к отклонению консоли от проектного положения в сторону центрального болта спайдера. В реальной ситуации этого не происходит, т.к. возникающую горизонтальную составляющую воспринимает вертикально расположенное стекло, которое закрепляется системой спайдеров.

Чтобы создать аналогичную натурной игру сил, в испытаниях ввели дополнительную оттяжку из арматуры Ø12 мм, один конец которой закреплялся на оси рутеля, а другой – на испытательном стенде.

#### ***2. Испытания спайдеров на изгиб осевой нагрузкой.***

Основой установки для испытаний составила стальная толстостенная труба диаметром 260 мм с двумя фланцами по концам толщиной 40 мм и диаметром 400 мм.

По диаметру фланца перемещалась стальная балочка из 2 швеллеров N10 длиной 600 мм. Поверху швеллера с одной стороны объединены стальной пластиной 200×180×10 мм, к которой в середине на болт М16 крепится спайдер таким образом, чтобы конец консоли спайдера выходил за фланец опорной трубы (рисунок 14).

Через головку консоли пропускалась подвеска Ø16 мм и закреплялась шайбами и гайками. Снизу к основе испытательной установки – стальной труbe – приваривалась вертикально проушина, которая связывалась с рычагом (соотношение плеч 1:10).

Фотографии некоторых спайдеров, испытанных на изгиб, даны на рисунках 15 – 18.

В этих экспериментах сначала создавалась вертикальная сила на консоль спайдера величиной 80 кгс с последующей разгрузкой до 0, затем навешивались 100 кгс и опять с полной разгрузкой. После этого нагрузка на консоль доводилась до 500 кгс с шагом 100 кгс.

Изменение прогиба консоли проводили прогибомером ПАО-6 с ценой деления 0.01 мм.

### **Результаты испытаний:**

В соответствии с поставленными перед данными испытаниями задачами эксперименты проводились по двум направлениям: во-первых, испытания спайдеров на радиальные нагрузки, когда их элементы работают на растяжение и, во-вторых, когда такие же элементы работают на изгиб (испытания спайдеров на осевые нагрузки).

#### *1. Результаты испытания спайдеров на растяжение.*

Главные результаты данных испытаний представлены в таблице 1 и рисунке 19.

В таблице 1 показаны итоговые по этапам результаты по пяти спайдерам (спайдер Y/2 для испытания на растяжение предоставлен Заказчиком не был).

Основные предложенные Заказчиком контрольные этапы нагружения – 80 кгс, 100 кгс и максимально достигнутые. По договоренности с Заказчиком наибольшая нагрузка на спайдер должна была быть 500 кгс (т.е. с пятикратным запасом по сравнению с расчетной).

Таблица 1 – Перемещения (мм) концов растягиваемых консолей спайдеров

Спайдер	Нагрузка, кгс		
	80	100	500
X	0.11	0.18	4.75
Y	0.25	0.56	7.15
V	0.14	0.75	8.47
I	0.35	0.51	5.26
I/2	0.21	0.52	6.50

Графически зависимости перемещений концов консолей от величины растягивающей нагрузки даны на рисунке 19.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что наиболее стабильные удлинения получены при нагрузке 100 кгс. Разброс перемещений при усилиях 80 кгс объясняется тем, что эта нагрузка очень мала для реальных поперечных сечений спайдеров.

Удлинение консолей при нагрузке 500 кгс находится в пределах 4.7 – 8.5 мм. Обращает внимание на себя тот факт, что удлинение консолей спайдеров I и I/2 меньше, чем у других спайдеров. Здесь очевидно сказывается то, что длина консолей этих спайдеров почти в 1.5 раза меньше других. Как известно, удлинение любых растягиваемых стержней прямо пропорционально их длине.

Относительно небольшие удлинения консоли спайдера X можно, видимо, объяснить тем, что его поперечное сечение существенно больше, чем у других спайдеров. И это объяснение тоже вполне укладывается в принципы сопромата.

Здесь следует дать пояснение еще по одной особенности выполненных экспериментов.

Вертикальная растягивающая сила прикладывалась в испытаниях в соответствии со схемой установки, показанной на рисунке 7. Из этой схемы видно, что внешняя вертикальная сила в узле, где все элементы испытательной установки объединяет рууль, раскладывается на усилие в консоли спайдера и оттяжки. Поскольку консоль спайдера расположена под  $45^\circ$  к вертикальной внешней силе, усилие в самой консоли будет в 1.414 раза больше вертикальной

нагрузки. Следовательно, и реальное удлинение консоли спайдера, измеренное вдоль его оси, будет в 1.414 раза больше.

## 2. Результаты испытаний спайдеров на изгиб.

Этим испытаниям были подвергнуты все шесть типов спайдеров.

Основные результаты содержатся в таблице 2 и рисунке 20.

В таблице 2 приведены результаты испытаний при заданных Заказчиком этапах нагружения – 80 кгс, 100 кгс и 500 кгс.

Таблица 2 – Прогибы (мм) концов консолей изгибаемых спайдеров

Спайдер	Нагрузка, кгс		
	80	100	500
X	1.38	2.43	35.39
Y	3.67	4.70	37.00
V	2.49	3.06	20.34
Y/2	2.63	3.09	39.48
I	1.55	1.87	26.40
I/2	1.27	1.48	28.60

Графики, отражающие зависимость прогибов концов консолей спайдеров от осевой силы, даны на рисунке 20.

Прогибы, зафиксированные в этой серии экспериментов, показали, что при расчетной нагрузке 100 кгс результаты испытаний спайдеров с удлиненными консолями (спайдеры X, Y, V и Y/2) примерно в 1.5 раза выше, чем у других спайдеров. Эта же разница в целом сохранилась и при вертикальной силе 500 кгс.

В принципе это понятно, т.к. величина прогибов зависит от длины консоли в третьей степени. Однако разница прогибов спайдеров с большими и малыми консолями не достигает трех раз, как это могло бы быть при имеющейся разнице длин консолей в 1.5 раза. Здесь оказывается то обстоятельство, что у спайдеров с удлиненными консолями существенно большие размеры поперечных сечений.

Чтобы оценить реальный коэффициент запаса конструкции исследованных спайдеров, был проделан еще один эксперимент: при изгибе консоли спайдера I/2 приложили нагрузку, увеличенную более чем в 8 раз по сравнению с расчетной (до 820 кгс).

Спайдер выдержал эту большую нагрузку, но при этом прогиб конца консоли спайдера достиг 41.8 мм (при нагрузке 500 кгс прогиб этого спайдера составил 28.6 мм).

Необходимо обратить внимание на еще одну особенность, свойственную всем спайдерам.

При изгибе вертикальная нагрузка прикладывается к головке консоли спайдера. Отмечено, что до 200 кгс вся консоль изгибается как единое целое. Но при 200 кгс головка консоли отгибается дополнительно, образуя с остальной консолью существенный угол (рисунок 21). Замеры показали, что прогиб головки по отношению к консоли оказался равным 7 мм.

Кроме этого, при испытаниях на изгиб спайдер закрепляется в его центре на 1 болт M16. Наблюдения показали, что даже при затяжке этого болта гайкой с контргайкой все равно это соединение не обеспечивает абсолютную жесткость крепления спайдера к конструкции. При изгибе (правда, при нагрузках, больших 200 кгс) появляется зазор под центральным болтом, что на длине консоли 100-145 мм дает дополнительный прогиб конца консоли спайдера до 1 мм.

**Заключение:**

Главный итог испытаний предложенных Заказчиком спайдеров заключается в том, что их конструкция обеспечивает надежное восприятие расчетных нагрузок (80 кгс и 100 кгс), как на растяжение (при вертикальном расположении стеклянных полотен ограждения), так и на изгиб (при горизонтальном размещении таких полотен). Эксперименты показали, что исследованные спайдеры обладают необходимой прочностью даже при 5-кратной их перегрузке при обоих видах воздействия.

Руководитель ИЦ "ЦНИИС-ТЕСТ", к.т.н.



Д.В. Пряхин

Заведующий лабораторией моделирования  
и испытания конструкций, к.т.н.



А.М. Тарасов



Рисунок 1 – Спайдер Х



Рисунок 2 – Спайдер Y



Рисунок 3 – Спайдер V



Рисунок 4 – Спайдер I



Рисунок 5 – Спайдер Y/2

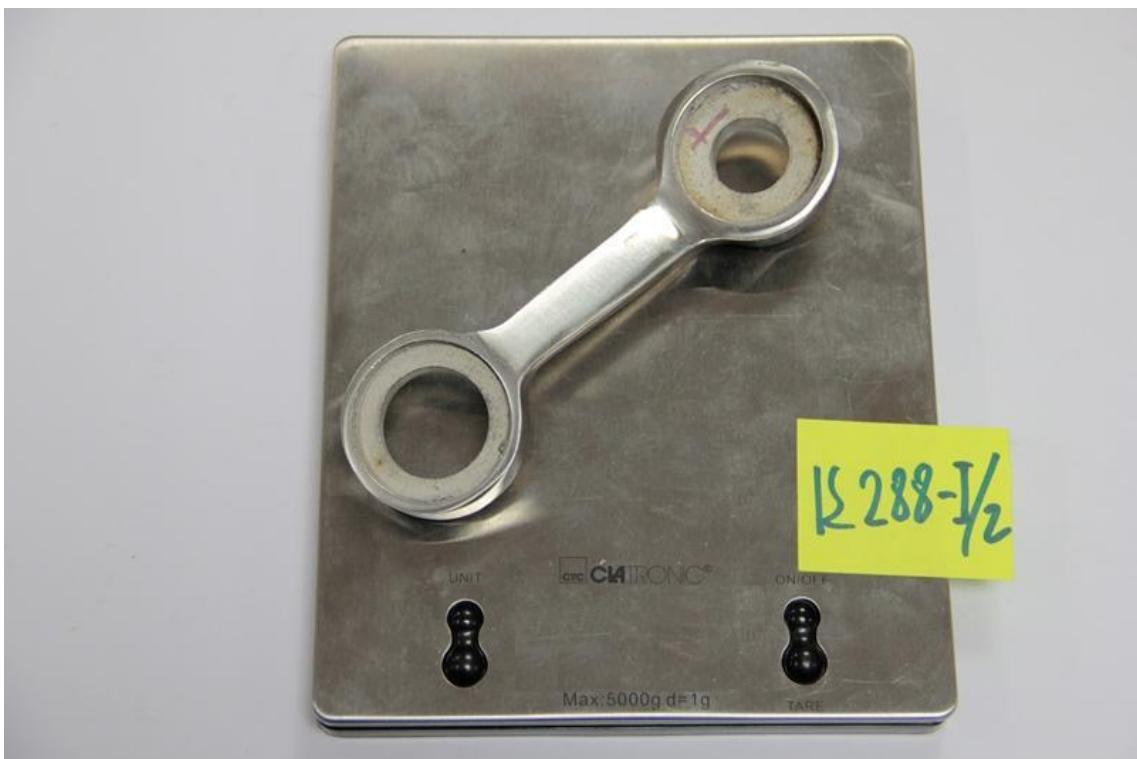


Рисунок 6 – Спайдер I/2

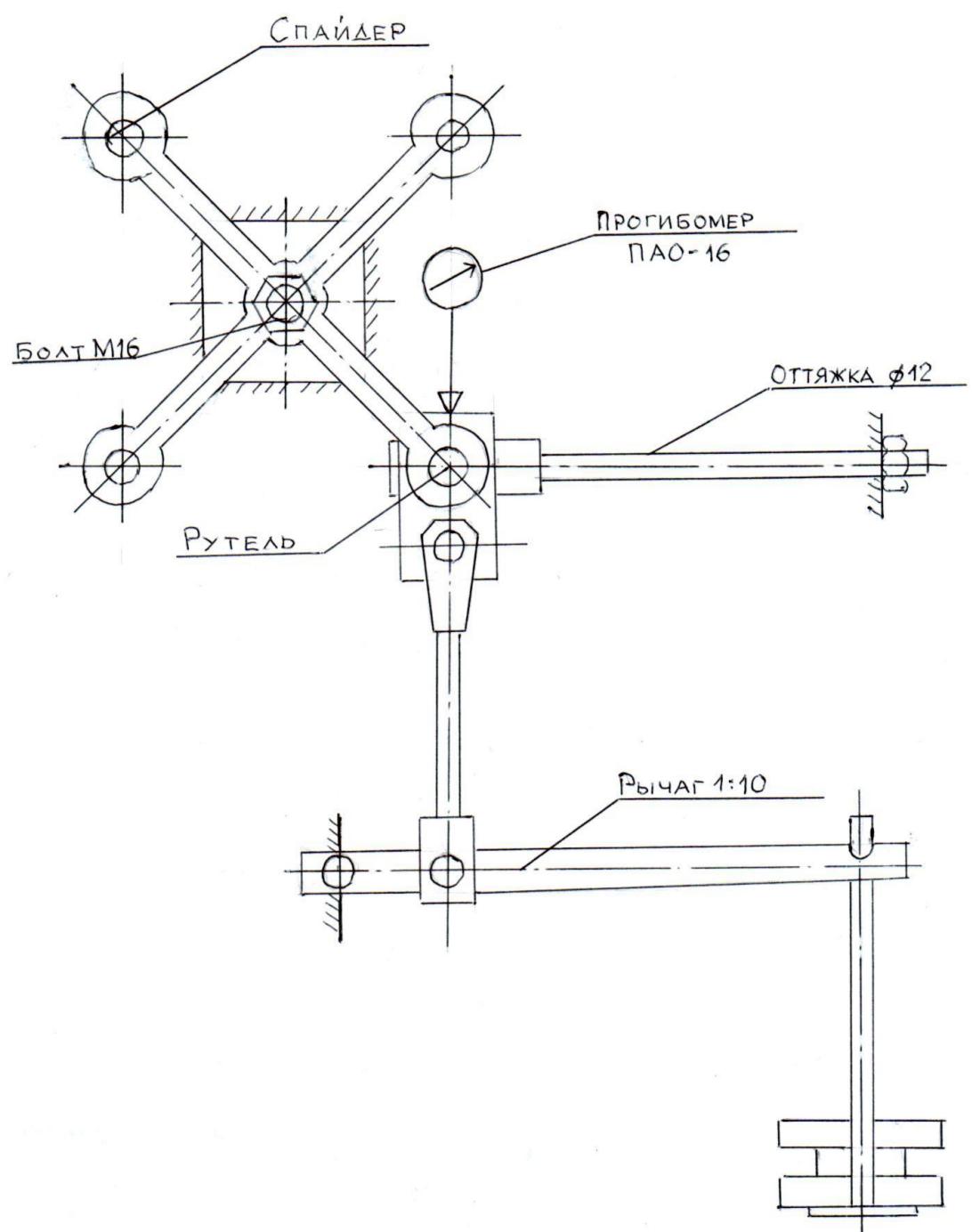


Рисунок 7 – Схема испытания спайдеров на растяжение (радиальную силу)

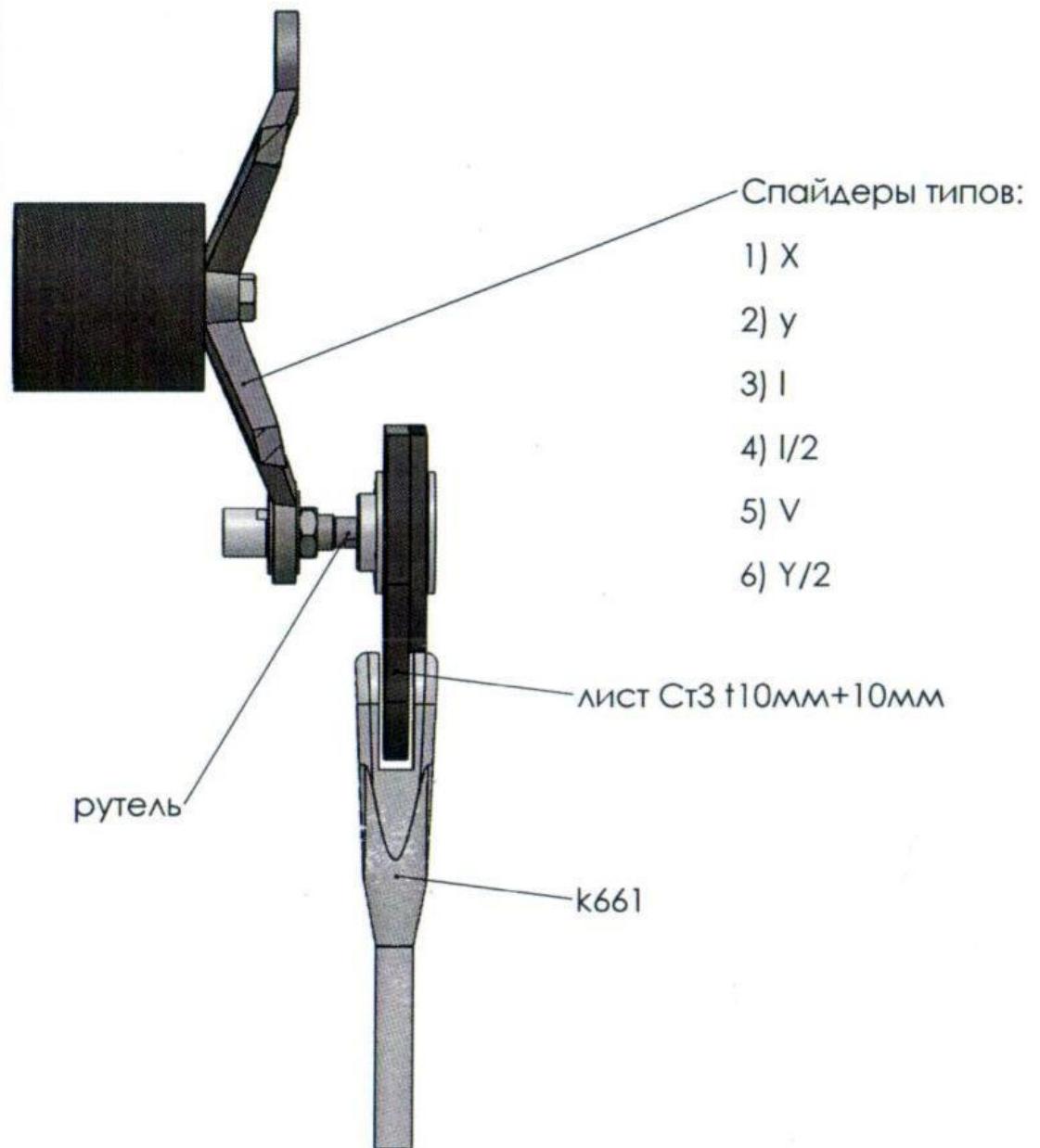


Рисунок 8 – Соединение рутелем элементов силовой установки



Рисунок 9 – Испытание спайдера X на растяжение



Рисунок 10 – Испытание спайдера Y на растяжение



Рисунок 11 – Испытание спайдера V на растяжение



Рисунок 12 – Испытание спайдера I на растяжение



Рисунок 13 – Испытание спайдера I/2 на растяжение

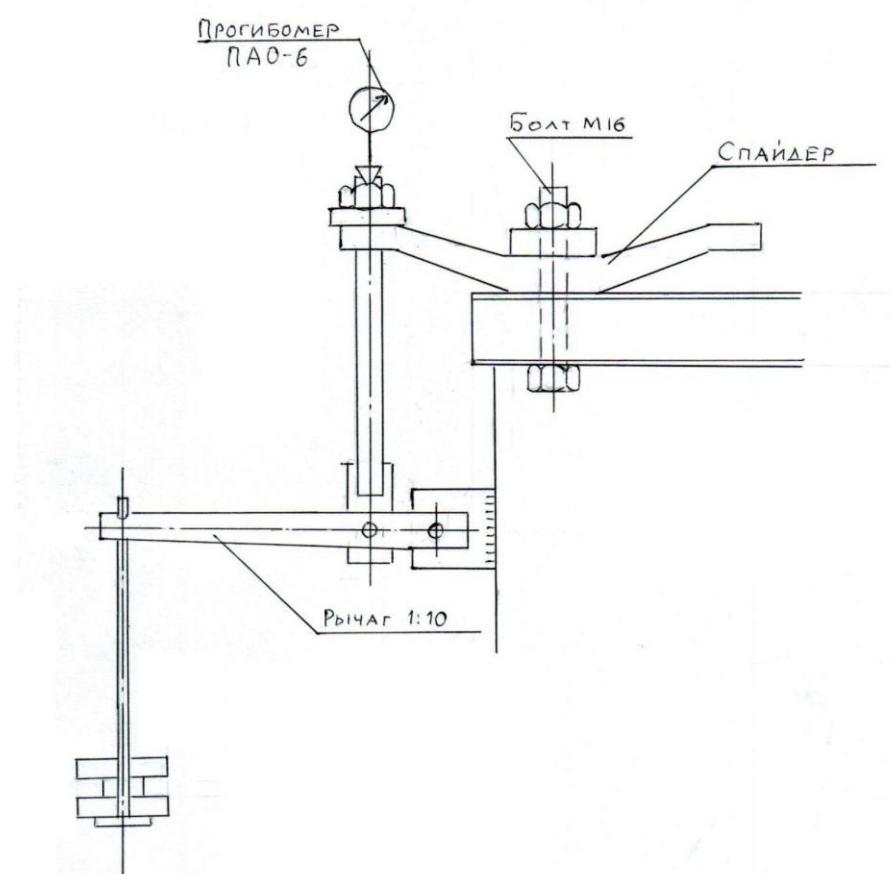


Рисунок 14 – Схема испытания спайдеров на изгиб (осевую силу)



Рисунок 15 – Испытание спайдера V на изгиб



Рисунок 16 – Испытание спайдера Y на изгиб



Рисунок 17 – Испытание спайдера Y/2 на изгиб



Рисунок 18 – Испытание спайдера I/2 на изги

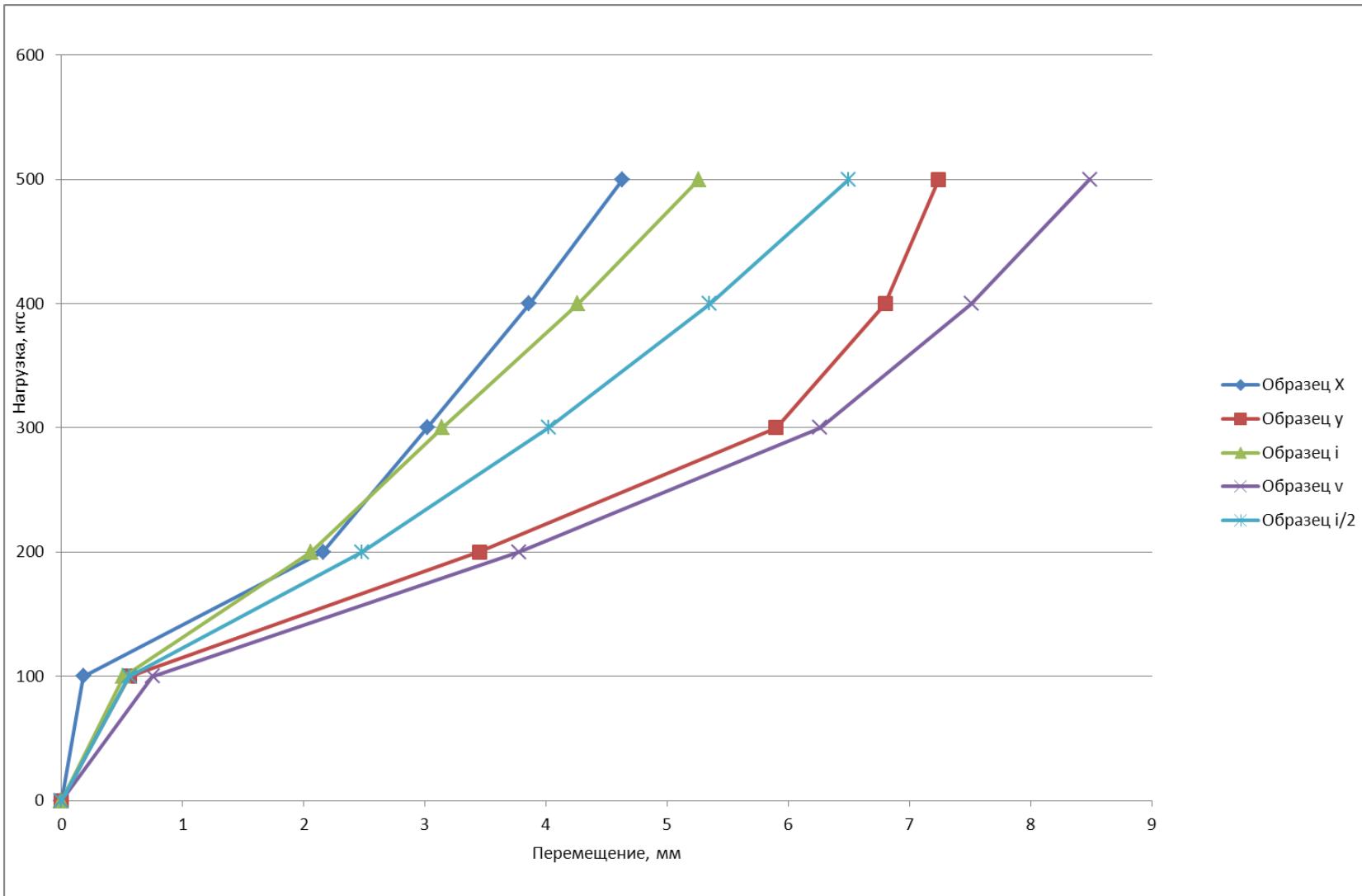


Рисунок 19 – Зависимость перемещения концов консолей спайдеров от растягивающей нагрузки

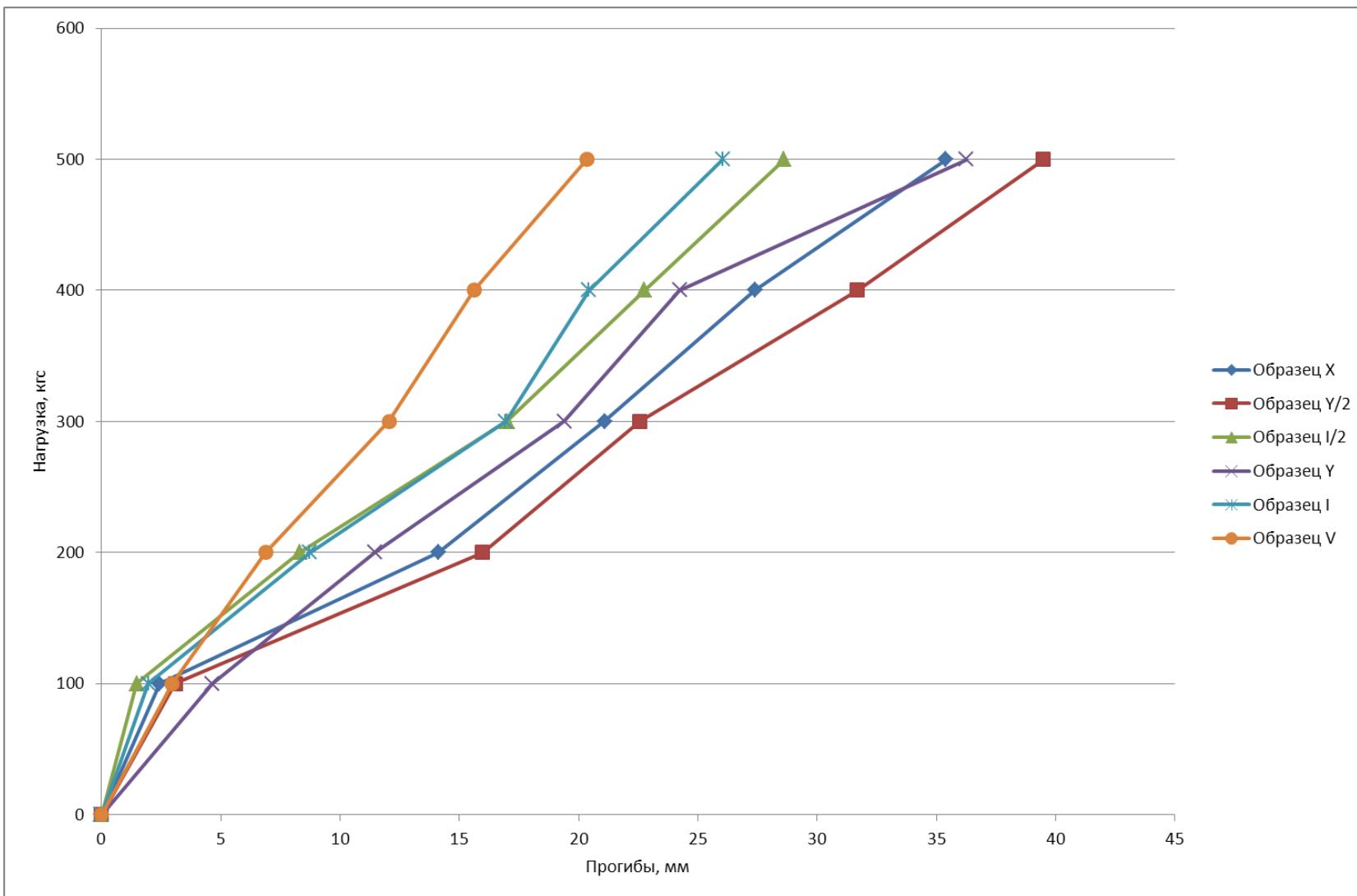


Рисунок 20 – Зависимость перемещения концов консолей спайдеров от изгибающей нагрузки



Рисунок 21 – Изгиб головки консоли спайдера при его изгибе