

РАБОТА № 14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

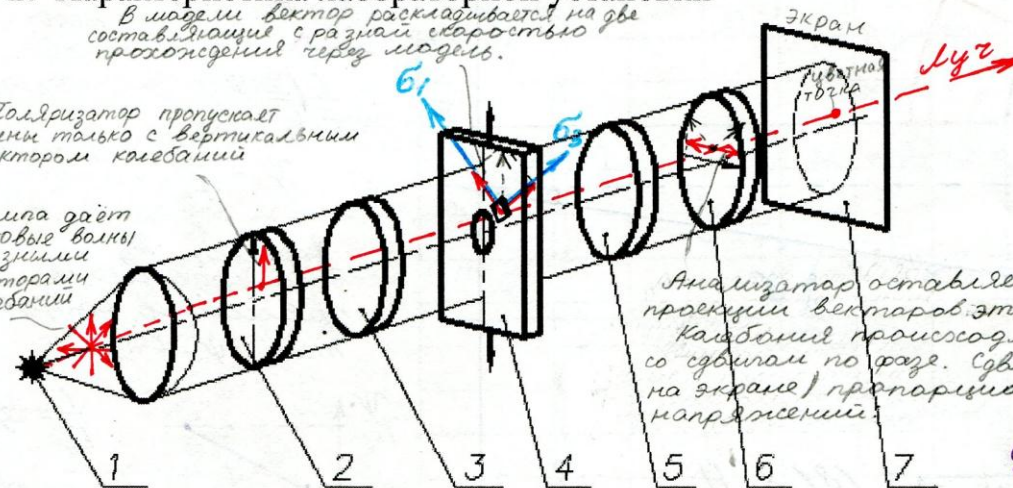
1. Цель работы: *Ознакомление с методикой исследования концентрации напряжений поляризационно-оптическим методом на примерах изгиба стержня с выточкой и сжатия плоского диска.*

2. Характеристика лабораторной установки

В модели вектор раскладывается на две составляющие с разной скоростью прохождения через модель.

Поляризатор пропускает волны только с вертикальным вектором колебаний

Лампа даёт световые волны с разными векторами колебаний



Один недостаток: Если направление главного напряжения совпадает с плоскостью поляризации, вектор не раскладывается на составляющие и точка получается чёрной.

Анализатор оставит только горизонтальные проекции векторов этих составляющих. Колебания происходят в одной плоскости но со сдвигом по фазе. Сдвиг (а, значит, и цвет точки на экране) пропорционален разности главных напряжений.

Федосеев, стр. 555; см. Приложение 1.

Рис. 14.1. Схема полярископа:

1 – источник света, 2 – поляризатор, 3 и 5 пластинки в четверть волны ($\lambda/4$), *Убирают изогнутым.*
4 – модель, 6 – анализатор, 7 – экран.

Диаметр полярироидов (поляризатора и анализатора) $d_{\Pi} = 125$ мм;

Нагрузочное устройство рычажного типа (Рис. 14.2.) $c/a = 10$; – *соотношение плеч рычага.*

Сила, передаваемая на образец $F = 10 \cdot F_0$;

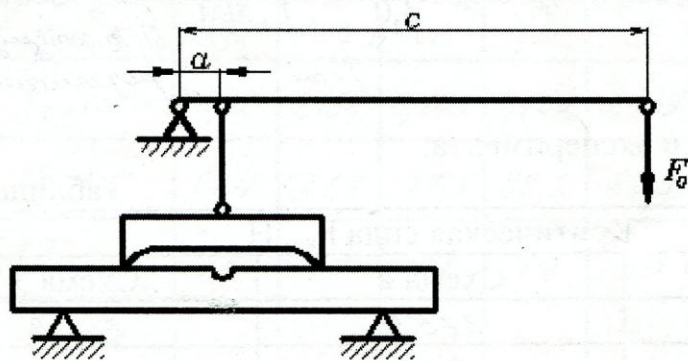


Рис. 14.2.

Размер образца (Рис.14.3.):

$L = 150$	мм;	$l = 40$	мм;
$H = 25$	мм;	$h = 20$	мм;
$r = 5$	мм;	$t = 4$	мм.

Материал модели – *ОАСО-32*

А вообще, используются эпоксидные смолы, органические стёкла, некоторые другие полимеры.

МОДЕЛЬ

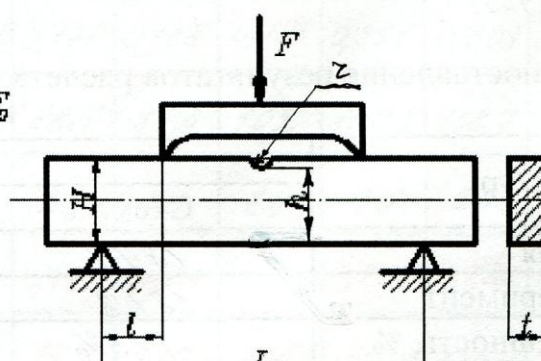


Рис. 14.3.

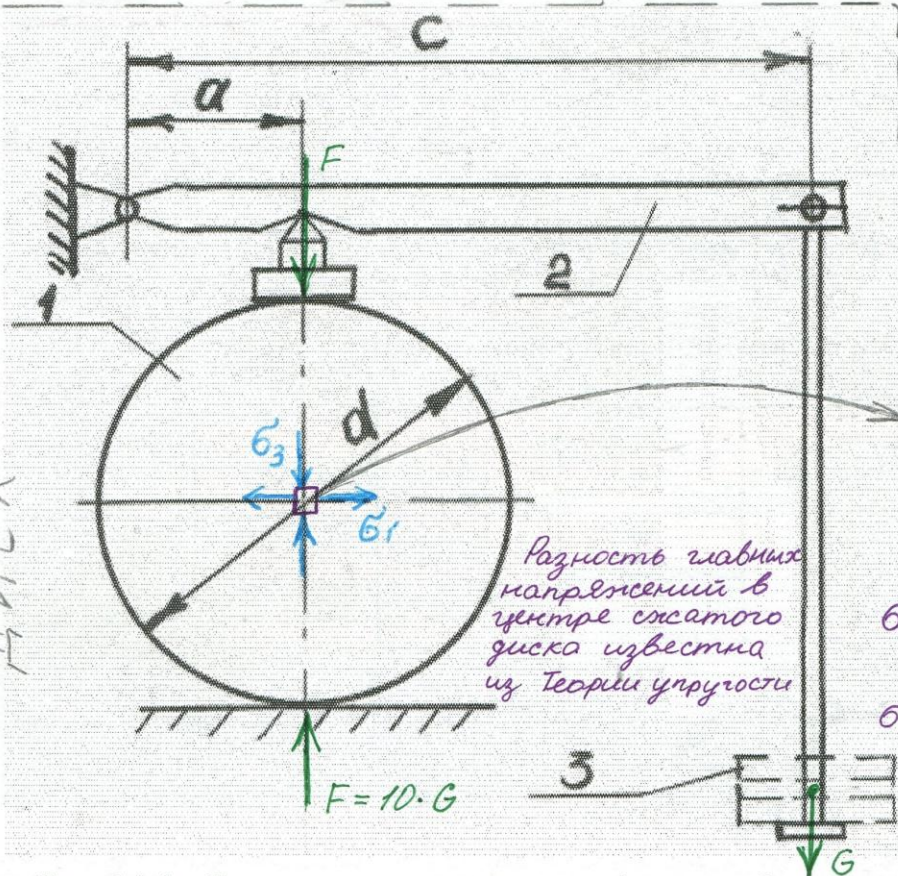
ГРАДУИРОВОЧНАЯ БАЛКА (рисунок нет)

Размеры градуировочной балки (Рис. 14.3., без концентратора напряжений):

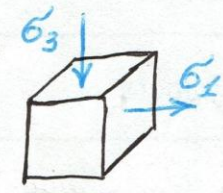
$L = 150$ мм; $I = 40$ мм;

односоем м.е. в дальн.
 $\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot l \cdot l}{t \cdot H^2 / 6}$
 $\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{50 \cdot n}{t}$
 $\sigma_0 = \frac{3FE}{4H^2}$

ГРАДУИРОВОЧНЫЙ ДИСК



$H = 25$ мм;
 $t = 10$ - толщина балки мм.
 Размеры градуировочного диска (Рис. 14.4.):
 $d = 40$ мм;
 $t = 10$ - толщина диска мм.



Разность главных напряжений в центре сжатого диска известна из Теории упругости

$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{8F}{\pi d t}$ - Теория упругости;

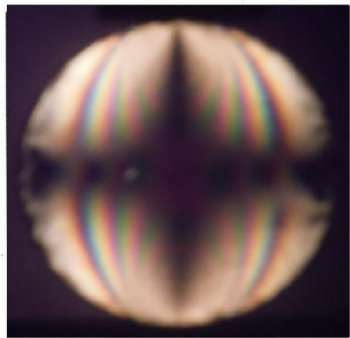
$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\sigma_0 \cdot n}{t}$ - закон фото

$\frac{8F}{\pi d t} = \frac{\sigma_0 \cdot n}{t}$

$\sigma_0 = \frac{8F}{\pi d n}$

Рис. 14.4. Схема нагружения диска: 1 - диск, 2 - рычаг, 3 - груз.

Фотография картины полос в модели (Рис. 14.5.):



С изоклинами.



Без изоклин (поставлены пластинки в четверть волны).

Рис. 14.5.

3. Краткие теоретические сведения.

Итак, цвет точки на экране определяется разностью главных напряжений. Полосы, составленные точками одного цвета называются **изохромами**. Уравнение изохром показывает **основной закон фотоупругости**:

$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\sigma_0 \cdot n}{t}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

где t - толщина плоской модели;

σ_0 - **оптическая постоянная материала**; свд для каждого цвета (свд для красного, свд для синего и т.д.), определяется экспериментально.

Но есть, при разности главных напряжений $\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\sigma_0}{t}$ точка на экране окрашивается определённым цветом ($n=1$). Если напряд-

зеленый увеличивается вдвое, вдвое же увеличивается разность между ними $2 \cdot b_0 / t$ и точка снова окрашивается тем же цветом ($n=2$), когда разность вырастает втрое, точка снова окрасится тем же цветом ($n=3$) и т.д.

Визуально происходит это так: в процессе нагружения за- рождаются и проходят через точку новые и новые изохромны того же цвета. Число n называется **порядком изохромны**. Чем изохрома меньше, тем большего она порядка. Например, на рис. 14.5 видно, как через центр диска проходит зелёная изохрома третьего порядка.

Зелёный цвет для глаза наиболее заметен. Поэтому в данной лабораторной работе мы будем искать b_0 для зелёных изохром материала ОАСО-32.

Точки, в которых направление одного из главных напряжений совпадает с плоскостью поляризатора, образуют чёрные полосы,

4. Результаты эксперимента **гнемущие изоклины**.

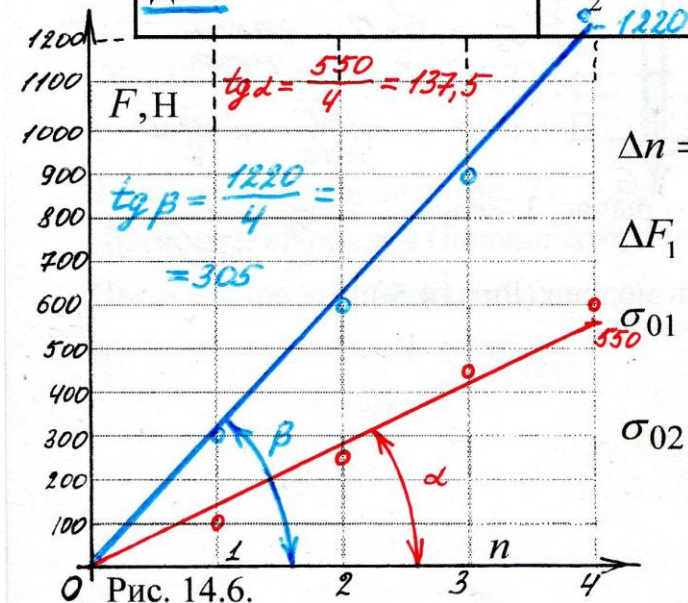
4.1. Определение оптической постоянной материала модели

Таблица 14.1.

Порядок полосы	n	1	2	3	4
<u>Балка</u> без концентратора напряжений.	F_1	100	250	450	600
<u>Диск</u>	F_2	300	600	900	1250

см. Приложение 2

см. Приложение 3



$$\Delta n = 1$$

$$\Delta F_1 = tg \alpha = 137,5 \quad \text{H}, \quad \Delta F_2 = tg \beta = 305 \quad \text{H};$$

$$\sigma_{01} = \frac{3 \cdot \Delta F_1 \cdot l}{H^2 \cdot \Delta n} = \frac{3 \cdot 137,5 \cdot 40}{25^2 \cdot 1} = 26,4 \quad \text{H/мм};$$

$$\sigma_{02} = \frac{8 \cdot \Delta F_2}{\pi d \cdot \Delta n} = \frac{8 \cdot 305}{\pi \cdot 40 \cdot 1} = 19,4 \quad \text{H/мм};$$

$$b_0 = \frac{b_{01} + b_{02}}{2} = \frac{26,4 + 19,4}{2} = 22,9 \frac{\text{H}}{\text{мм}}$$

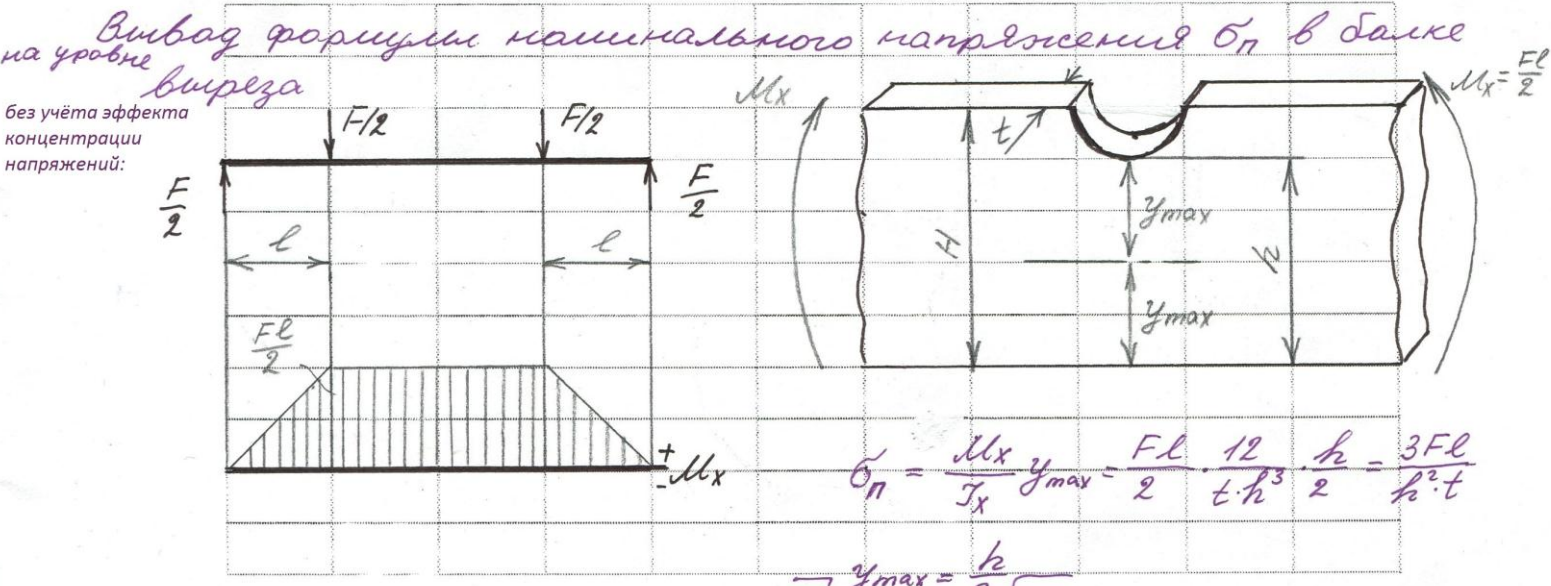
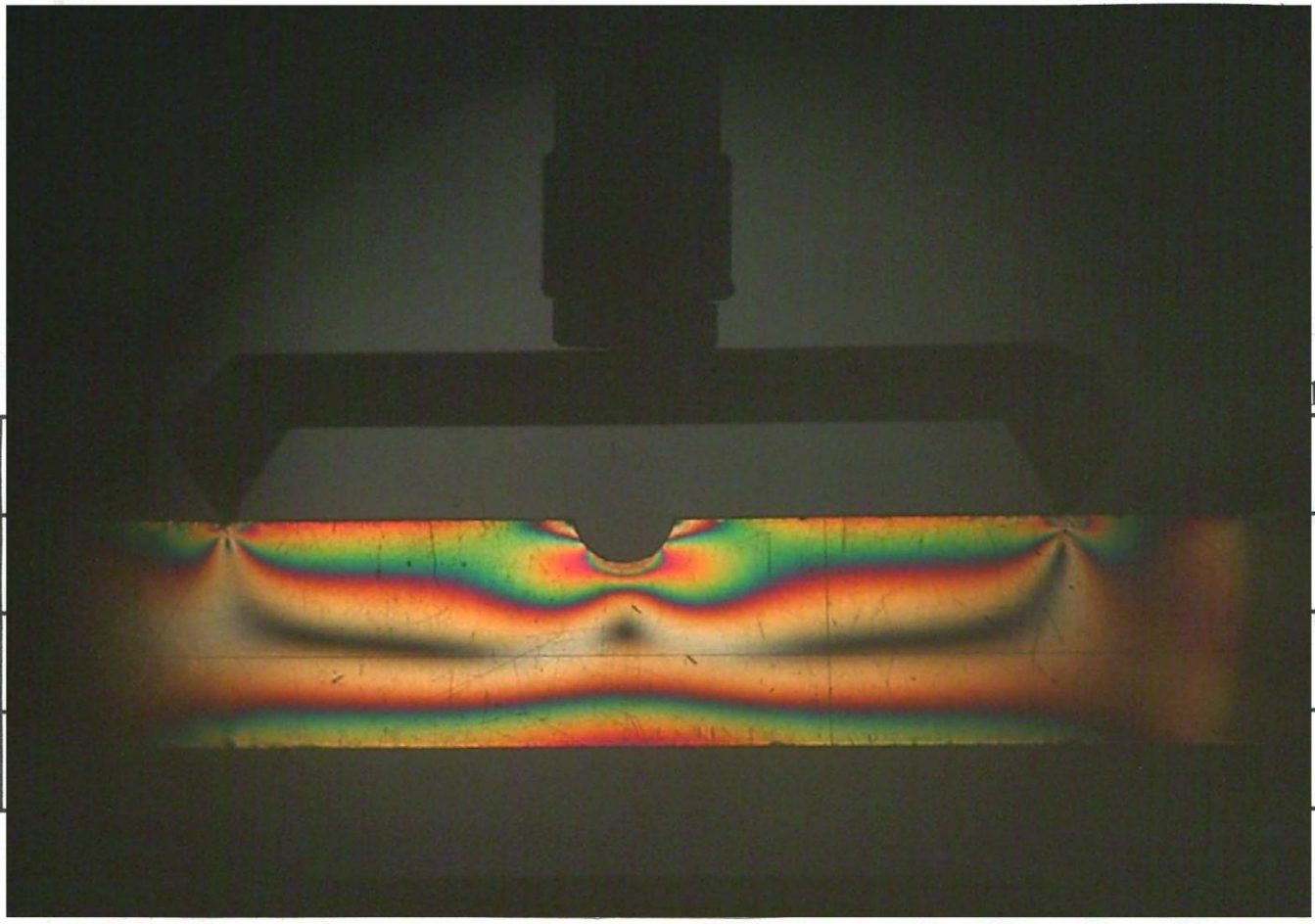
4.2. Определение коэффициента концентрации напряжений (см. стр. 27):

$$\sigma_0 = 22,9 \quad \text{H/мм}; \quad F = 300 \quad \text{H}; \quad n_{\max} = 7$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_0 \cdot n_{\max}}{t} = \frac{22,9 \cdot 7}{4} = 40 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{II} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{h^2 \cdot t} = \frac{3 \cdot 300 \cdot 40}{20^2 \cdot 4} = 22,5 \text{ МПа}, \quad \text{см. стр. 27.}$$

$$K = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{II}} = \frac{40}{22,5} = 1,78 - \text{теоретический коэффициент концентрации напряжений.}$$



5. Выводы:

- Поларизационно-оптический метод обладает рядом достоинств по сравнению с методами тензаметрии:
- Дает непрерывную картину распределения напряжений (а не только в точках крепления тензорезисторов);
 - позволяет исследовать концентраторы напряжений небольших размеров;
 - Позволяет изучить напряжённое состояние не только на поверхности, но и внутри модели.
- Подпись преподавателя _____

Однако: применяется только для изучения плоских моделей.

Изменение узких при повороте поларизатора и анализатора показано в приложении 4.

Устройство полярископа, оптическая постоянная материала:

Параллельный пучок света падает на поляроид 2 – поляризатор (рис.14.1) и выходит из него поляризованным в вертикальной плоскости. Поляроид 6 (анализатор) имеет горизонтальную оптическую ось, т. е. он пропускает только горизонтальную составляющую и поляризованный в вертикальной плоскости луч через него не проходит – экран будет темным.

Если между этими поляроидами поставить модель 4, выполненную из прозрачного аморфного оптически активного материала, экран будет по-прежнему темным. Однако под нагрузкой это аморфное оптически активное вещество приобретает свойства кристалла – двойное лучепреломление. Из нагруженной модели луч выходит в виде двух лучей, поляризованных в направлениях главных напряжений и имеющих разность хода пропорциональную разности главных напряжений.

Анализатор 6 пропустит только горизонтальные проекции этих колебаний, лучи суммируются. В зависимости от разности хода (т. е. разности главных напряжений) одни составляющие белого света усилятся, другие ослабнут (произойдет интерференция света) и на экране возникнет картина цветных полос, характеризующих напряженное состояние модели (если просвечивать модель монохроматическим светом, получим картину светлых и темных полос).

Цветные полосы на экране – *изохромы* – это геометрическое место точек с одинаковой разностью главных напряжений, а при одноосном напряженном состоянии – это точки с одинаковыми напряжениями. Будут на экране и темные полосы двух типов. Первый тип темных линий это ненагруженные участки, нейтральные линии. Второй тип темных линий это геометрическое место точек, в которых направление одного из главных напряжений совпадает с плоскостью поляризации первого поляроида. Эти темные линии второго типа называются *изоклинами*.

При синхронном повороте обоих поляроидов изоклины на экране перемещаются. Чтобы убрать с экрана изоклины, затемняющие картину изохром, после первого поляроида и перед вторым ставят так называемые *пластины в четверть волны*. Они дают луч, поляризованный по кругу, т. е. не имеющий определенной плоскости поляризации. Изоклины с экрана пропадут.

Поворачивая синхронно оба поляроида, можно зарисовать на экране картину изоклин, указав угол – положение оптической оси первого поляроида. По этой картине изоклин строим *изостаты* – траектории главных напряжений. Это кривые, нормаль и касательная к которым в каждой точке дает направление главных напряжений. Изостат на экране нет!

Определение оптической постоянной материала

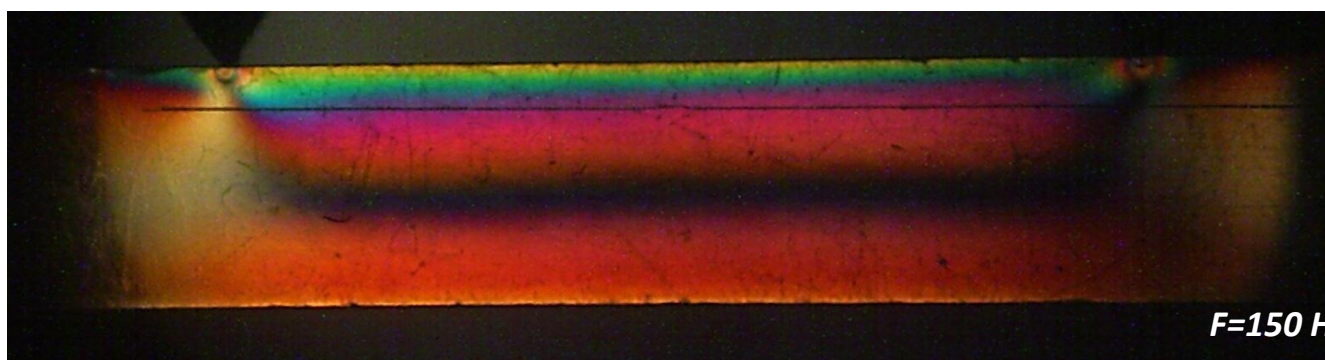
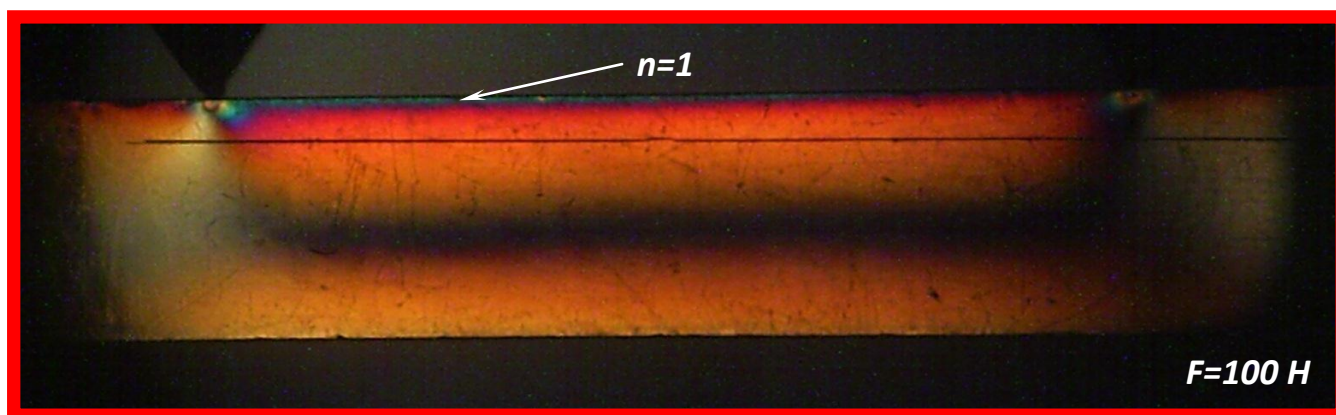
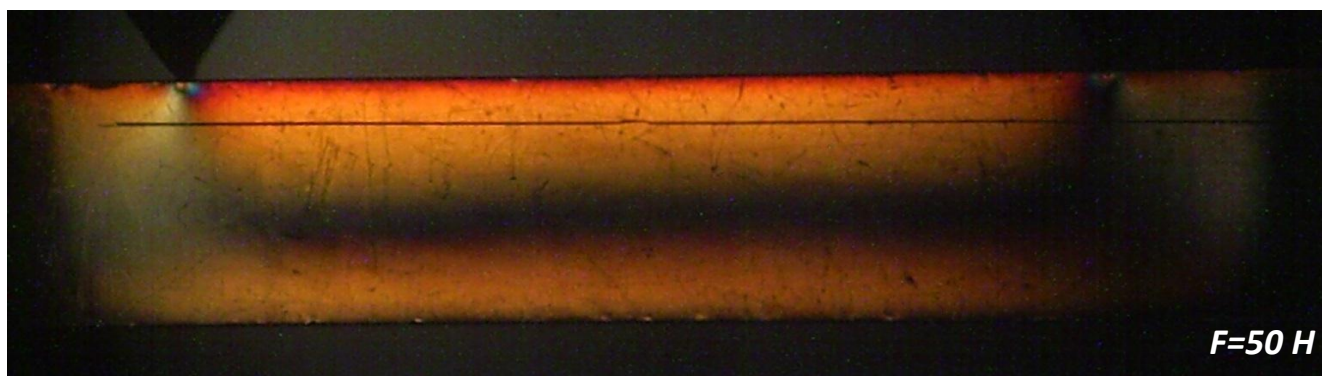
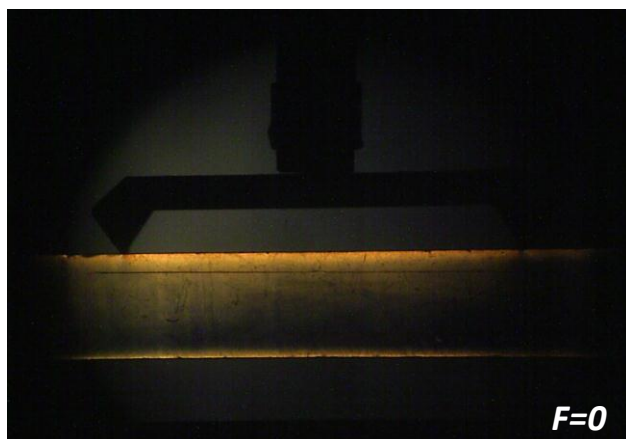
Оптической постоянной материала (ценой полосы) называется величина, показывающая, насколько изменится разность напряжений в образце толщиной 10 мм при изменении порядка полосы на единицу.

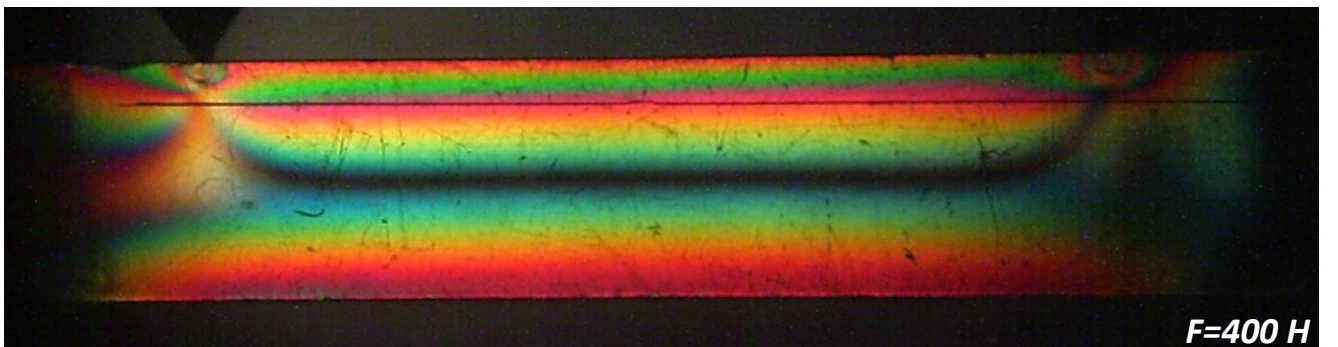
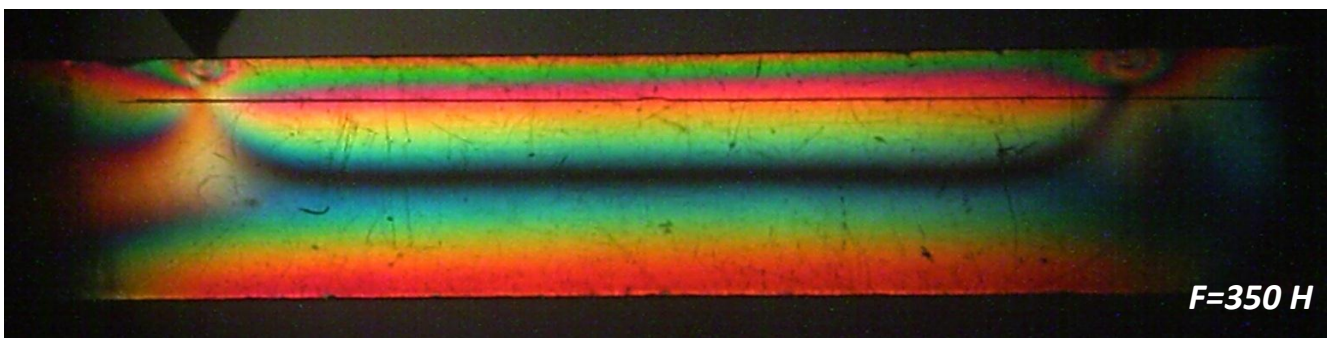
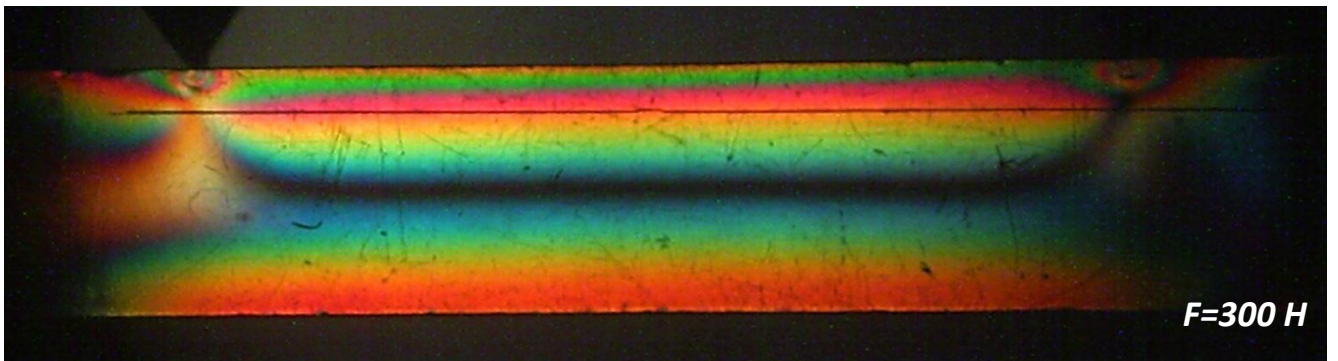
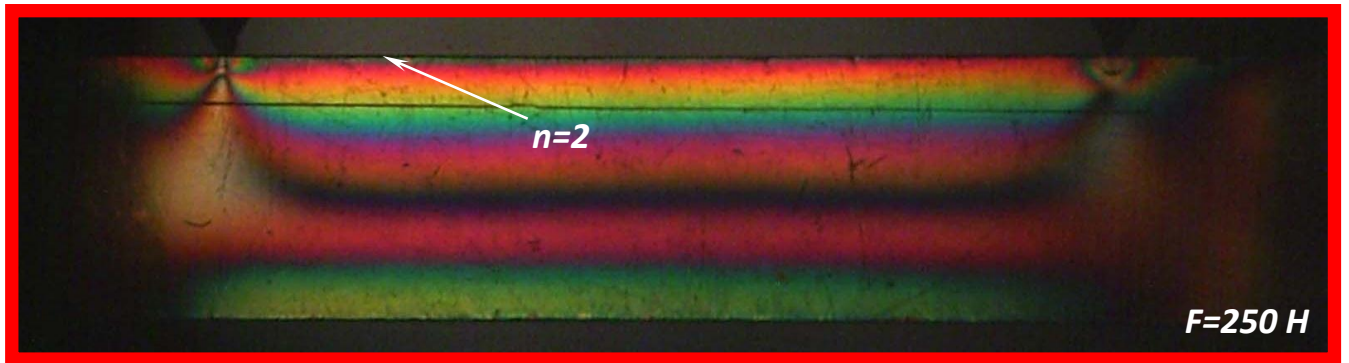
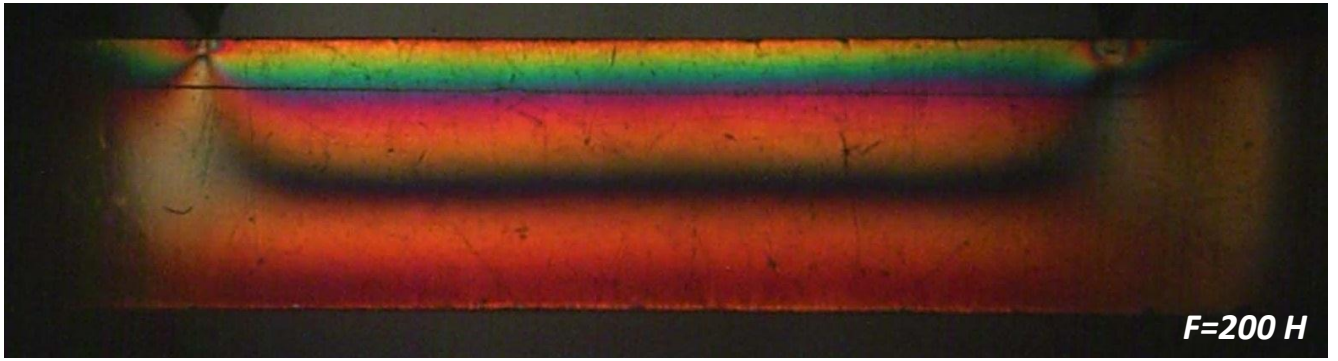
Ориентируемся на зеленый цвет как наиболее отличный от других. Добиваемся зеленого цвета в центре диска, записываем нагрузку.

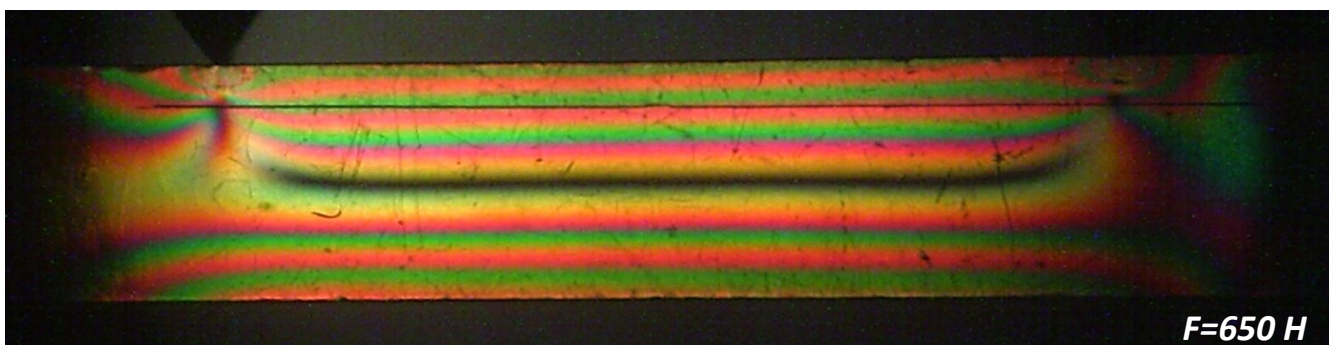
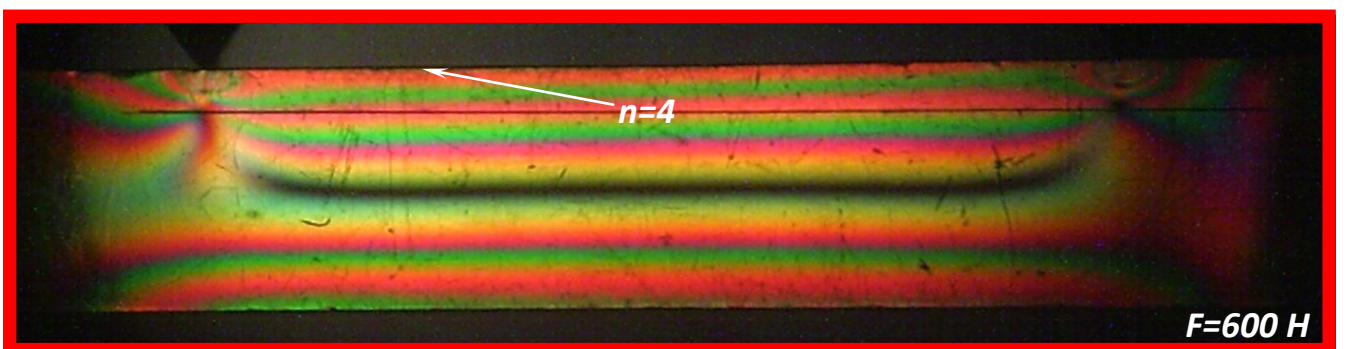
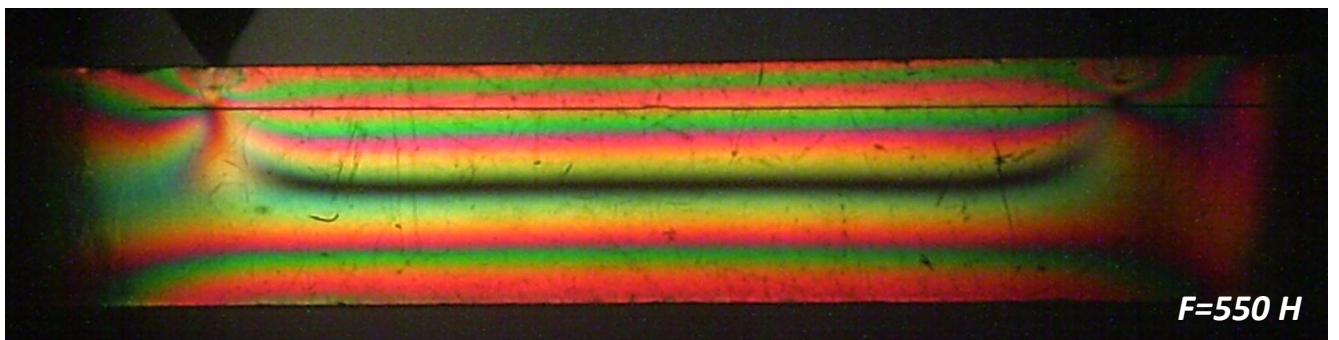
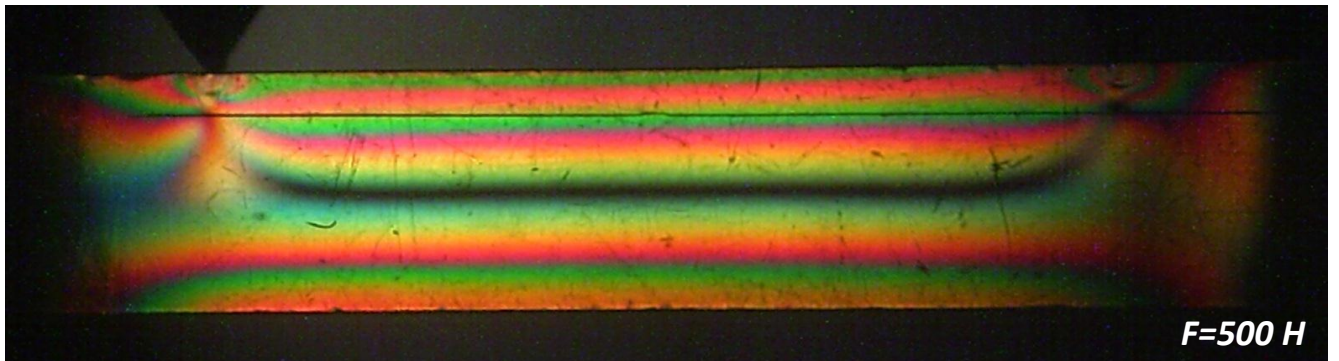
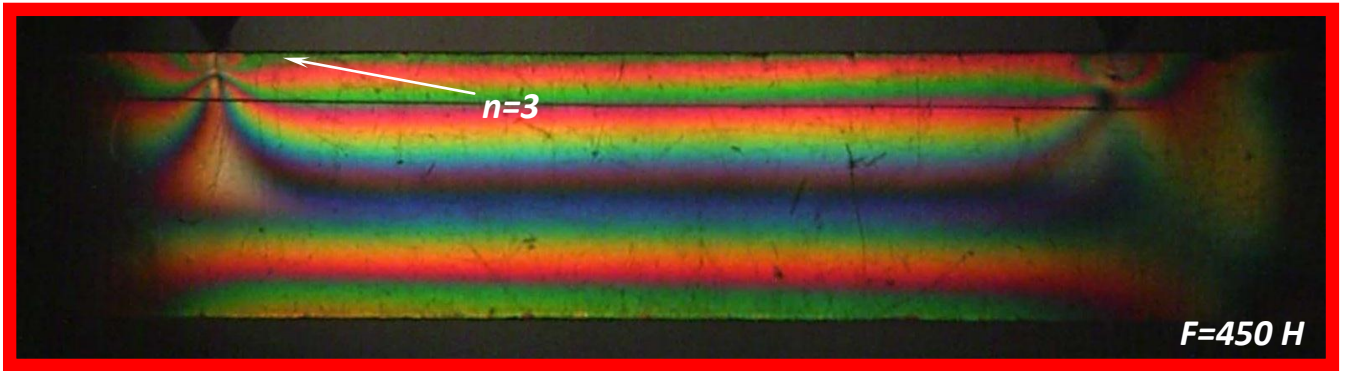
Нагружение тестовой полоски по схеме, указанной на рис. 14.3. Выреза нет. Средняя часть пребывает в состоянии прямого чистого изгиба.

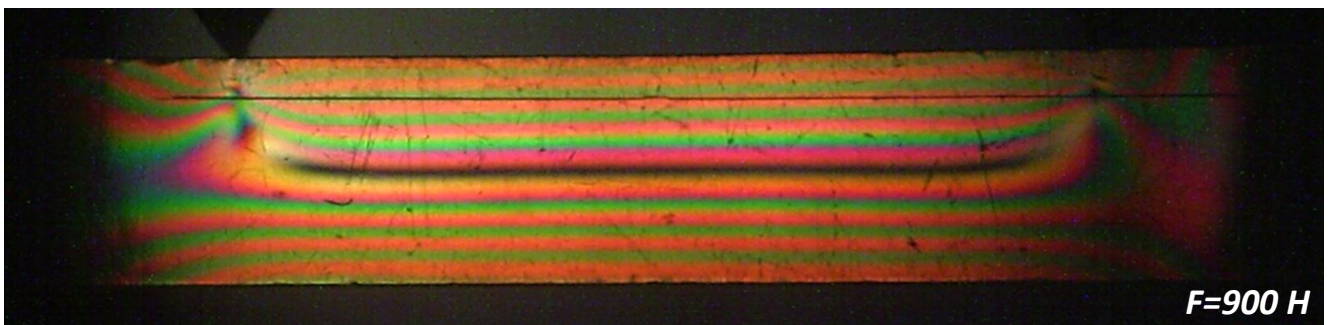
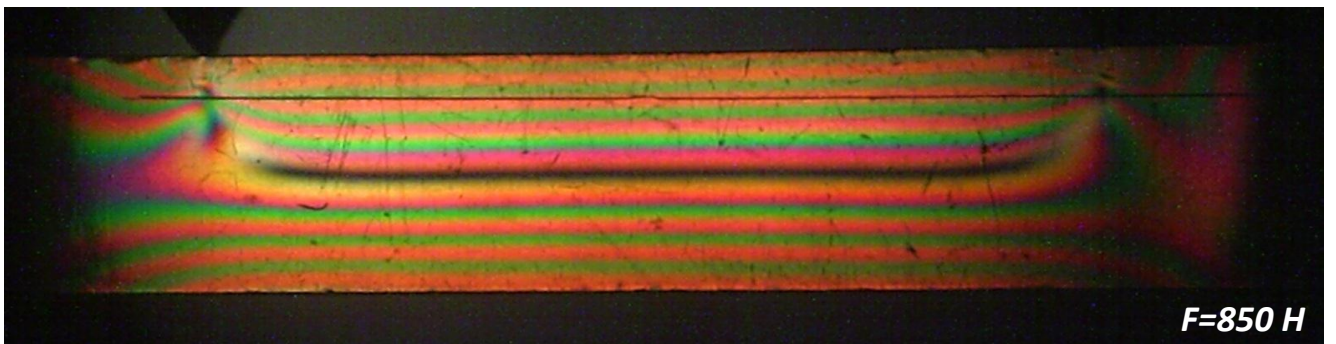
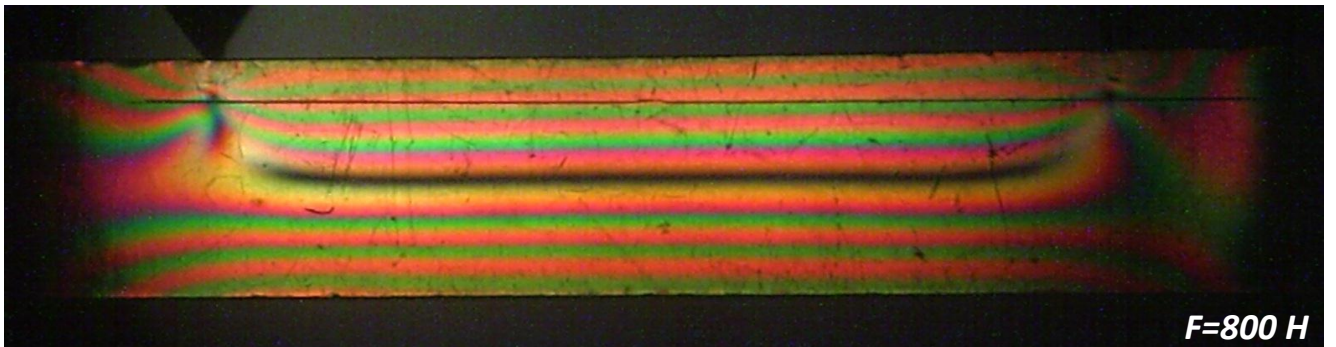
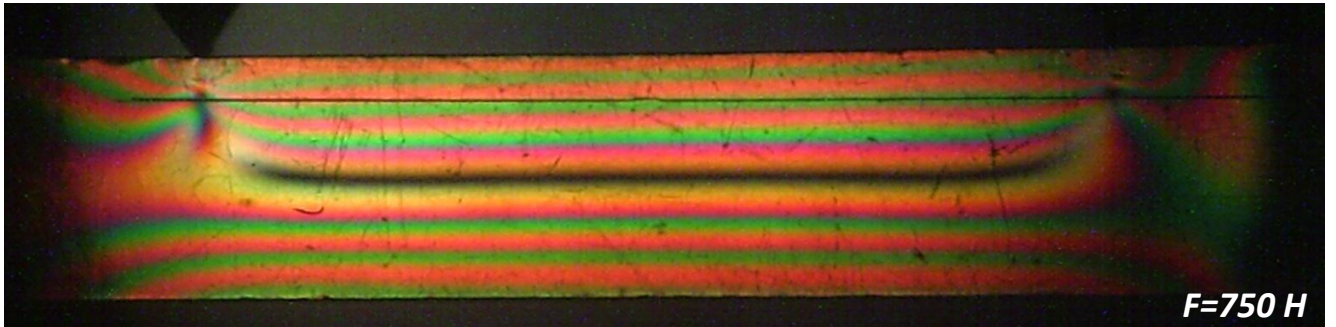
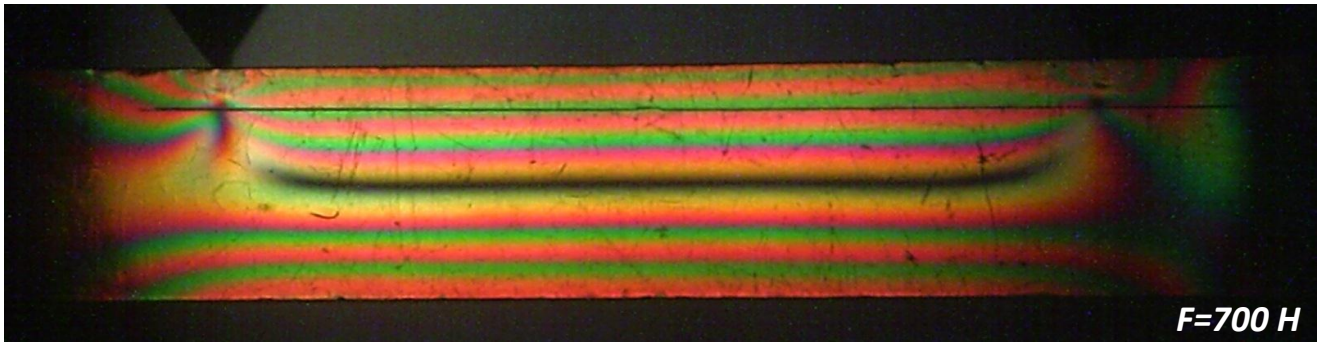
Фиксируем появление зелёных изохром у края средней части. Номер изохромы n и силу F , при которой она появилась, заносим в таблицу 14.1.

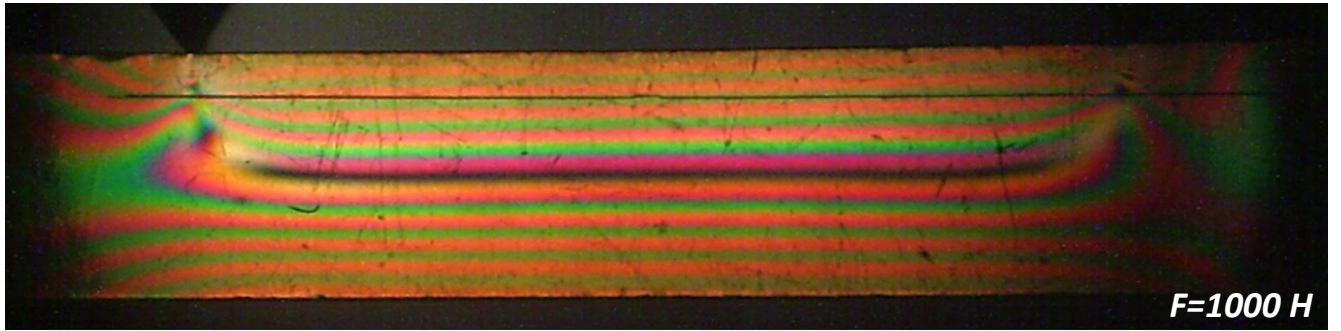
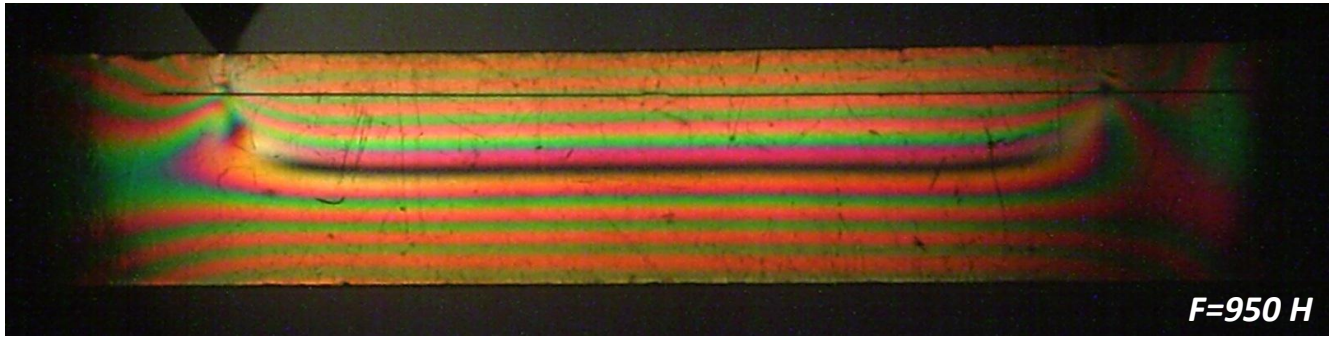
На экране испытательной машины эти картинки вы увидите перевёрнутыми.





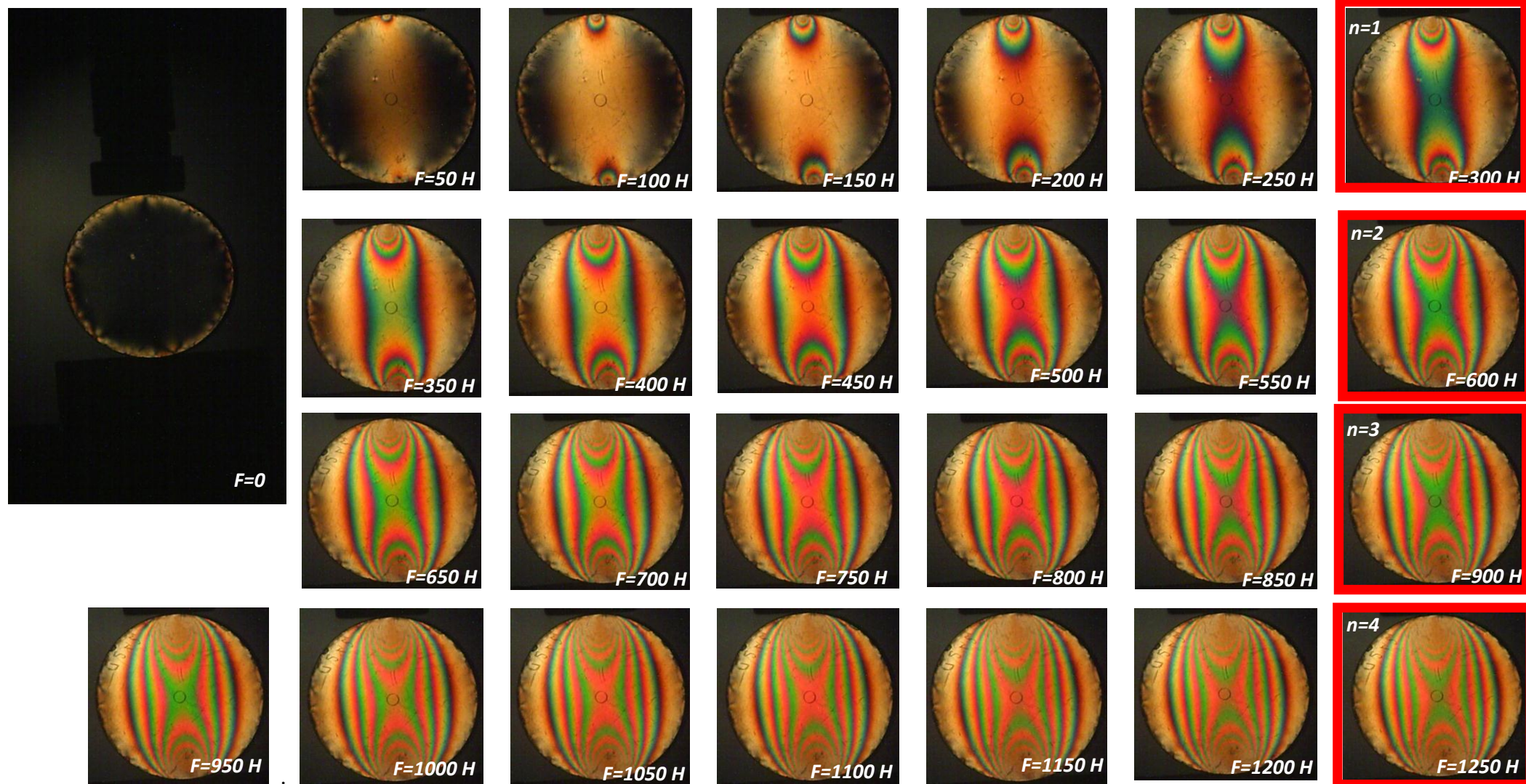




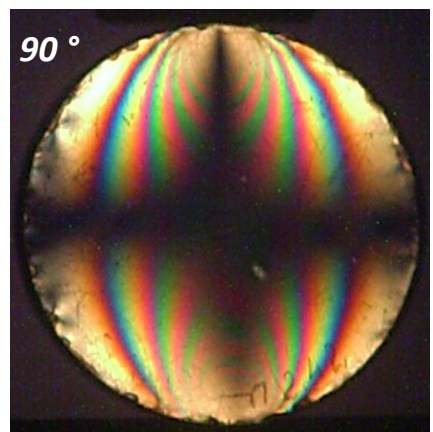
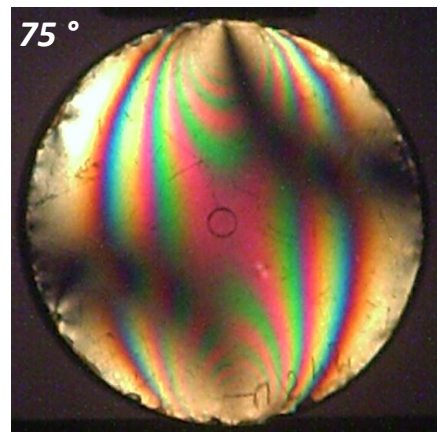
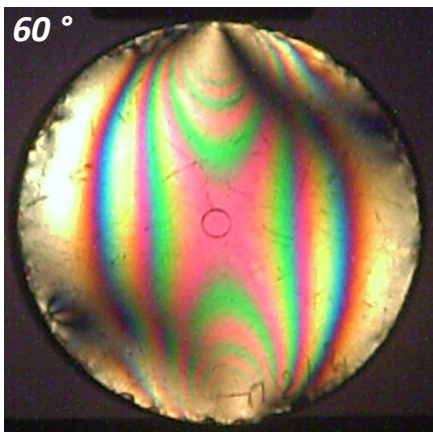
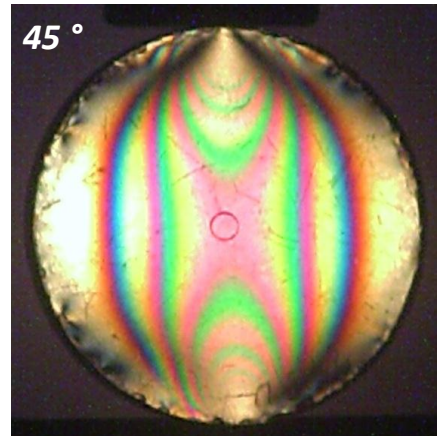
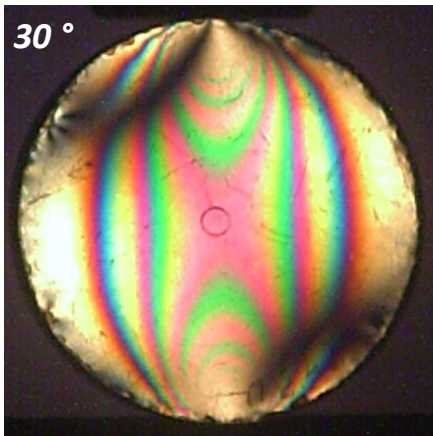
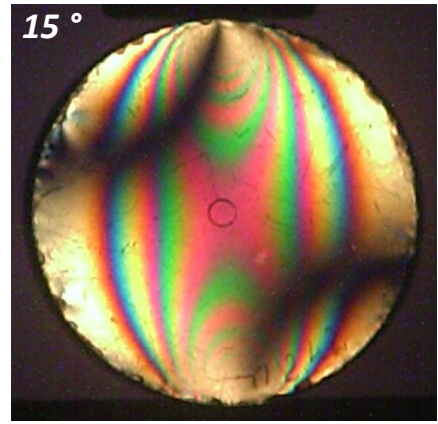
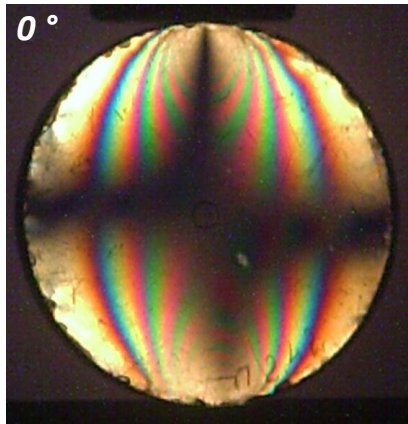


www.tychina.pro

Нагружение тестового диска по схеме, указанной на рис. 14.4. Фиксируем прохождение зелёных изохром через центр диска, заносим в таблицу 14.1. Номер изохромы n и силу F , при которой она достигла центра диска, заносим в таблицу 14.1.



Пластинки в четверть волны подняты. Вращаем синхронно поляризатор и анализатор:



Приложение 5
Процесс нагружения модели с концентратором (рис. 14.2.):

