

Акционерное общество «Кумертауское авиационное предприятие»

**Разработка технического  
предложения по проектированию  
оснащения для изготовления  
лобовых стекол методом  
бесконтактного  
пневмоформования**

**Разработали: Любовь Анатольевна Макарова**

**Михаил Юрьевич Евченко**

## Содержание

1. Вакуум-формование лобовых стекол.....	2
2. Разработка технического задания .....	2
2.1. Постановка задачи.....	3
2.2. Процесс двухстадийного формования .....	4
3. Разработка технологической поверхности.....	5
4. Расчеты припуска заготовки.....	6
5. Моделирование оснастки.....	7
6. Обработка приспособления.....	10
7. Испытание и внедрение оснастки.....	11
8. Список используемой литературы.....	12
9. Приложение 1.....	13
10. Приложение 2.....	14
11. Приложение 3.....	15

# 1. Вакуум-формование лобовых стекол

На предприятии для изготовления лобовых стекол вертолетов Ка-226 (далее по тексту изделие «226») и Ка-32 (далее по тексту изделие «500») освоен и широко применяется методом вакуум-формования в матрицу с недотягом по нижней точке  $\sim 25\div 30$ мм.

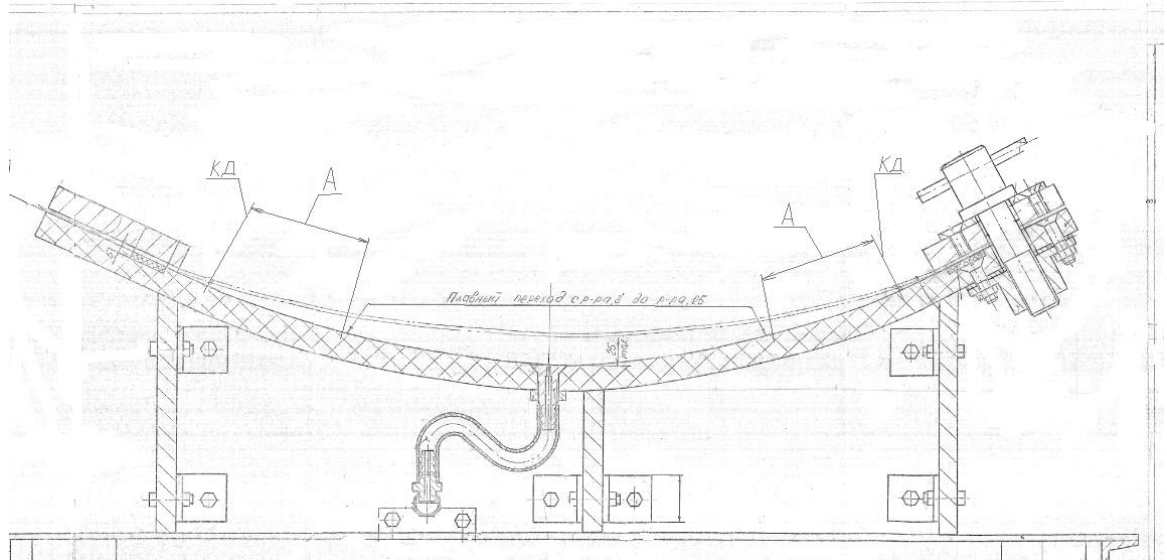


Рис.1. Вайма для вакуум-формования.

Матрица выклеивается из стеклоткани по болванке методом горячего прессования. Эксплуатация оснастки для производства лобовых стекол изделия «226» и «500» постоянно сопровождалась такими вопросами как:

- низкая стойкость самой матрицы (расслоение стеклоткани), что приводило к потере герметичности ваймы, и как следствие, к браку стекла;
- частый ремонт матрицы;
- в зоне «А» возникал контакт стекла с ваймой. На стекле появлялись отпечатки поверхности ваймы;
- для контроля «недотяга» рабочему приходилось входить в термошкаф ТШ6, что по технике безопасности запрещено;
- исправление дефектов стекла (полировка поверхности) резко повышало трудоемкость и увеличивало цикл производства;
- в зоне наибольшей стрелы прогиба стекла (по верхнему и нижнему К.Д. стекла), наблюдалось образование зон с обратной кривизной прогиба стекла, в случае нечеткого исполнения технологического регламента (низкая квалификация исполнителя).

## 2. Разработка технического задания

### 2.1. Постановка задачи

Для решения этих вопросов было разработано техническое задание на проектирование новой технологической оснастки для изготовления стекол методом бесконтактного пневмоформования.

1. Применить двухстадийный метод формования (согласно ПИ 1.2.315-89);
2. С целью получения точности теоретического контура стекла заготовку укладывать на оправку, контур которой максимально приближен к теоретическому контуру стекла.
3. Выбрать заготовку, габариты которой при вытяжке стекла по теоретическому контуру не превышали бы значений относительной линейной деформации  $\epsilon \sim 0,15 \div 0,2$  (рис.2).

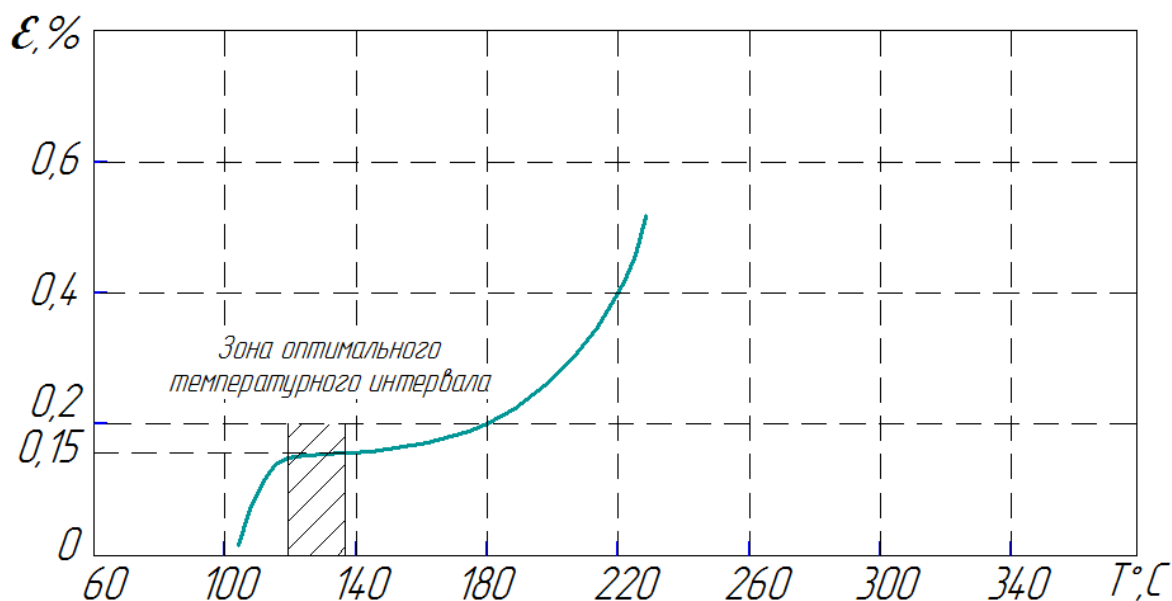


Рис.2. Термомеханическая кривая органического стекла АО-120.  
(Согласно ПИ 1.2.315-89).

4. При расчетах учесть характер изменения  $\beta$ -растяжения,  $\epsilon$ -относительное удлинение,  $\epsilon$ -толщинную деформацию (рис.3.).

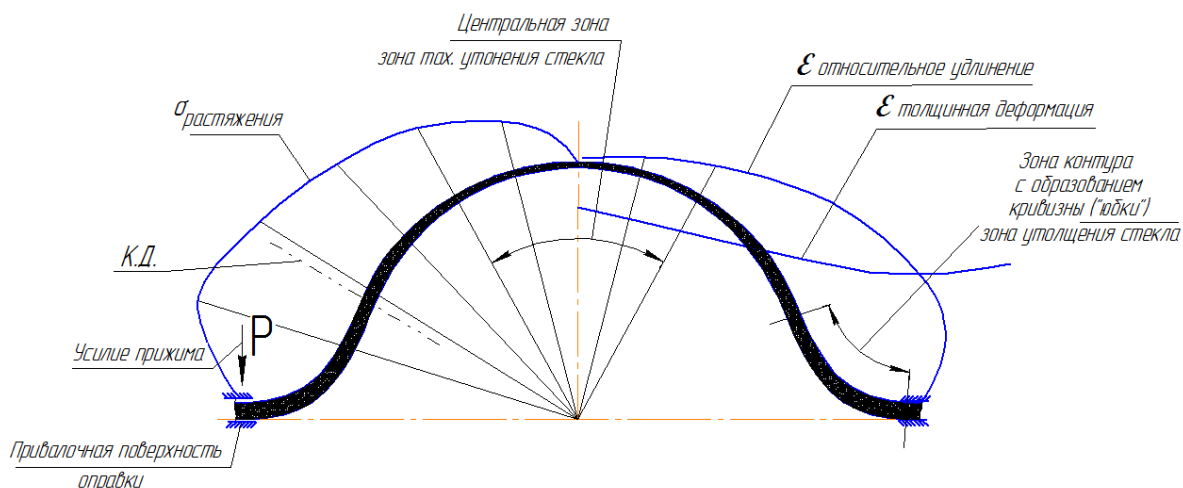


Рис.3. Характер распределения главных напряжений и главных деформаций по контуру детали изделия.

Из приведенной схемы и практики формования стекол необходимо при расчетах припуска по периметру заготовки учесть, что в зоне зажимов образуется контур с обратной кривизной в силу того, что в этих зонах  $\epsilon$ - толщинная деформация растет.

## 2.2. Процесс двухстадийного формования

### I. Режимы холодного деформирования:

- а) приспособление нагреть до температуры  $70 \div 80^\circ\text{C}$ ;
- б) укладка заготовки на разогретую до температуры  $70 \div 80^\circ\text{C}$  оправку;
- в) фиксация заготовки на оправке;
- г) нагрев фиксированной заготовки до температуры  $70 \div 80^\circ\text{C}$ ;
- д) жесткий зажим по периметру заготовки с обеспечением герметичности внутреннего пространства.

### II. Режимы пневмоформования:

- а) установить сборку в печь, поднять температуру до  $T = 135 \pm 3^\circ\text{C}$ ;
- б) подача избыточного давления воздуха ( $q = 0,03 \div 0,04$  Мпа) прогретого до  $T = 70 \div 80^\circ\text{C}$ .
- в) визуальный контроль окончательного формования до фиксированной метки оснастки.

### 3. Разработка технологической поверхности

Для выполнения этих условий были проведены расчеты определения заготовки:

1. Из графика (рис.2) видно, что оптимальное условие формования стекла происходит при температуре  $125\div 135^{\circ}\text{C}$  и при относительной линейной деформации  $\varepsilon=0,15\div 0,2$ .

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{заготовки}}}{l_{\text{детали}}}$$

2. Условием равномерного деформирования стекла является сохранение Ц.Т. (центра тяжести) поверхностей изделия и заготовки.
3. С целью получения минимального отклонения контура стекла, технологическая модель должна быть максимально приближена к теоритическому контуру стекла.

Выдерживая необходимые условия, построена математическая модель технологической поверхности заготовки, максимально приближенная к теоритическому контуру (рис.4), найден центр тяжести.

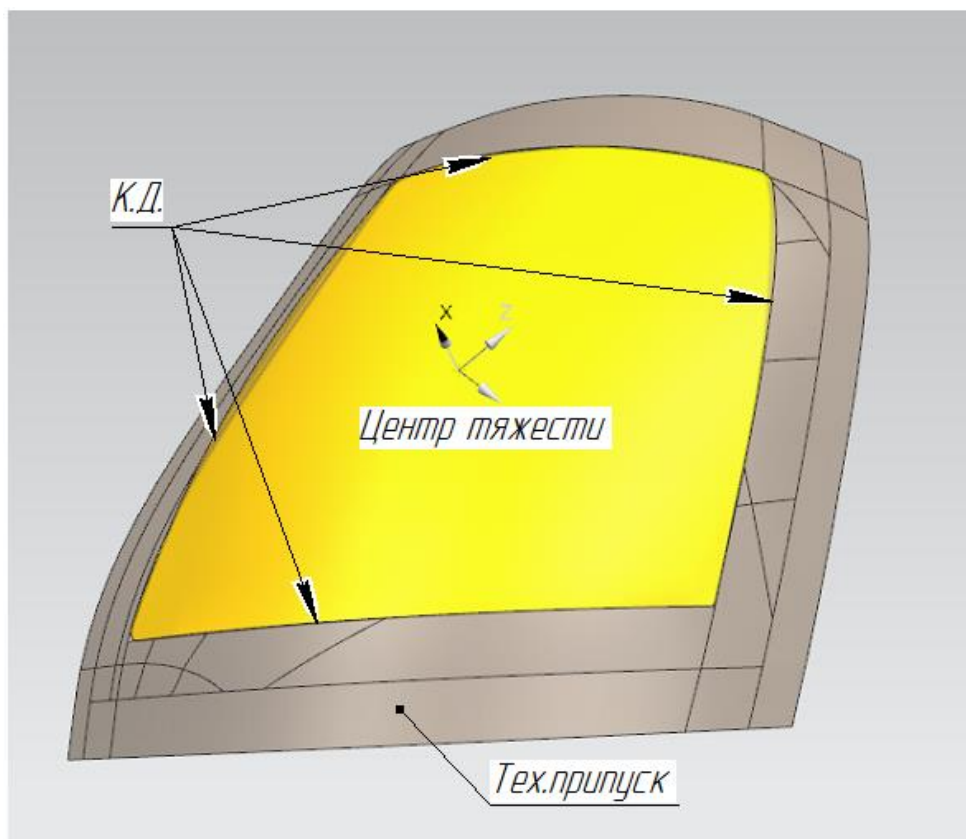


Рис.4. Технологическая поверхность заготовки.

Смоделированная технологическая поверхность обеспечивает в конце пневмоформования получение контура в пределах отклонений согласно Т.У. Д2Б0100-0ТУ1, И-КБ-30-1929-98 на изделие.

#### 4. Расчеты припуска заготовки

Для определения припуска  $\Delta l_{\text{заготовки}}$  по периметру, создали расчетную схему (рис.5).

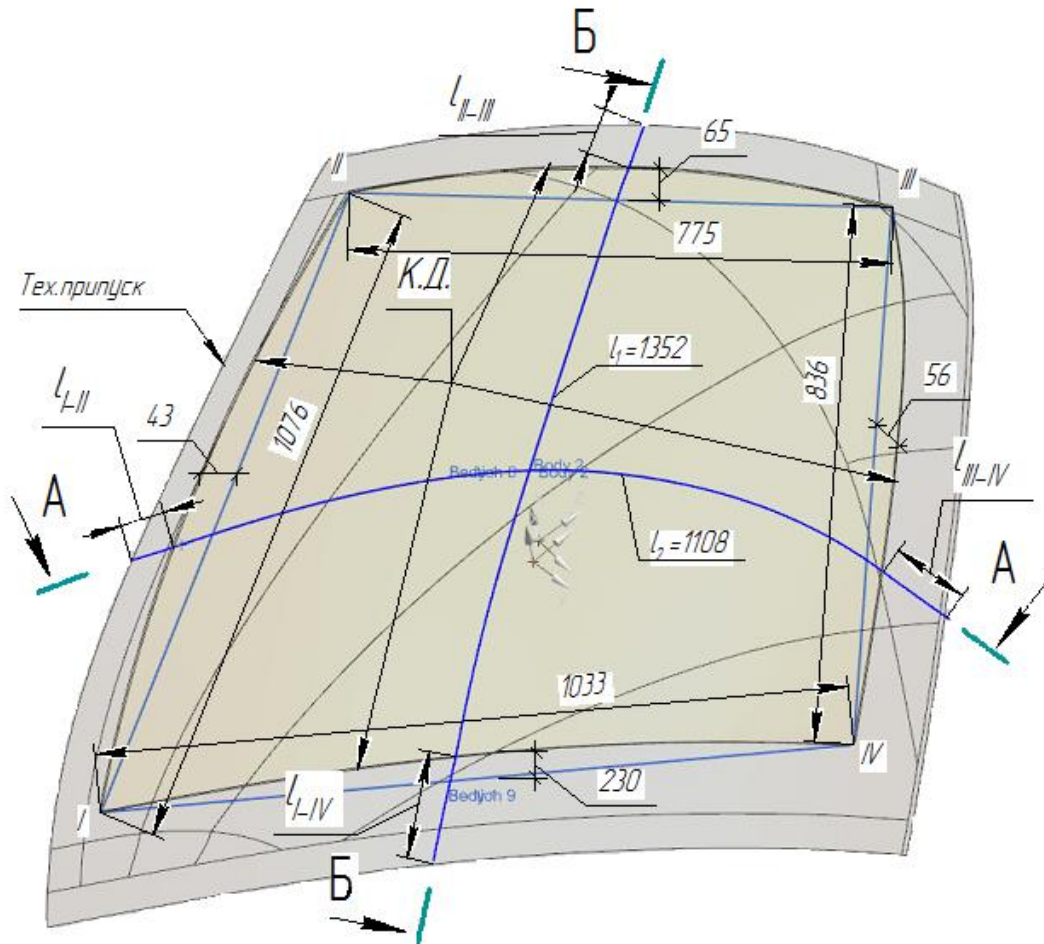


Рис.5. Расчетная схема припусков по периметру стекла.

Припуск по сеч. А-А:

$$\Delta l_{\text{заготовки}} = l_{I-II} + l_{III-IV}$$

$$\varepsilon = \frac{l_{I-II} + l_{III-IV}}{l_2} = 0,15 \div 0,2$$

$$\begin{aligned} l_{I-II} + l_{III-IV} &= l_2 \times (0,15 \div 0,2) = 1108 \times (0,15 \div 0,2) \\ &= (166,2 \div 221,6) \text{ мм} \end{aligned}$$

Припуск по сеч. Б-Б:

$$\Delta l_{\text{заготовки}} = l_{I-IV} + l_{II-III}$$

$$\varepsilon = \frac{l_{I-IV} + l_{II-III}}{l_1} = 0,15 \div 0,2$$

$$\begin{aligned} l_{I-IV} + l_{II-III} &= l_1 \times (0,15 \div 0,2) = 1352 \times (0,15 \div 0,2) \\ &= (202,8 \div 270,4) \text{ мм} \end{aligned}$$

Распределение  $\Delta l_{A-A}$  и  $\Delta l_{B-B}$  по сторонам стекла определяем, исходя из относительной величины кривизны по этим сторонам.

Значения определяем по имеющейся модели детали (рис. 5).

- по оси I-II относительный прогиб равен  $\frac{43}{1076} = 0,04$

- по оси III-IV равен  $\frac{56}{836} = 0,07$

- по оси II-III равен  $\frac{115}{775} = 0,15$

- по оси I-IV равен  $\frac{230}{1033} = 0,2$

В сечениях с большим относительным прогибом действует большее значение величины момента сопротивления «W» при изгибе.

Следовательно, распределение величин суммарного припуска ведём в зависимости от относительного прогиба.

- по сечению I-II принимаем  $l_{I-II} = 75...85$  мм

- по сечению III-IV принимаем  $l_{III-IV} = 110...120$  мм

- по сечению II-III принимаем  $l_{II-III} = 75...85$  мм

- по сечению I-IV принимаем  $l_{I-IV} = 150...170$  мм

Окончательно принимаем значение  $l_{I-II} = 85$  мм,  $l_{III-IV} = 110$  мм,  $l_{II-III} = 85$  мм,  $l_{I-IV} = 155$  мм.

## 5. Моделирование оснастки

На расстоянии «b» устанавливаем прижимные планки. С учетом толщины привалочной поверхности оправки в 120мм по мат.модели определили габариты исходной заготовки стекла.



На основании этих данных построена мат. модель оснастки в графической системе «NX 8,5» (рис.6) на изделие «500» и (рис.7) на изделие «226».

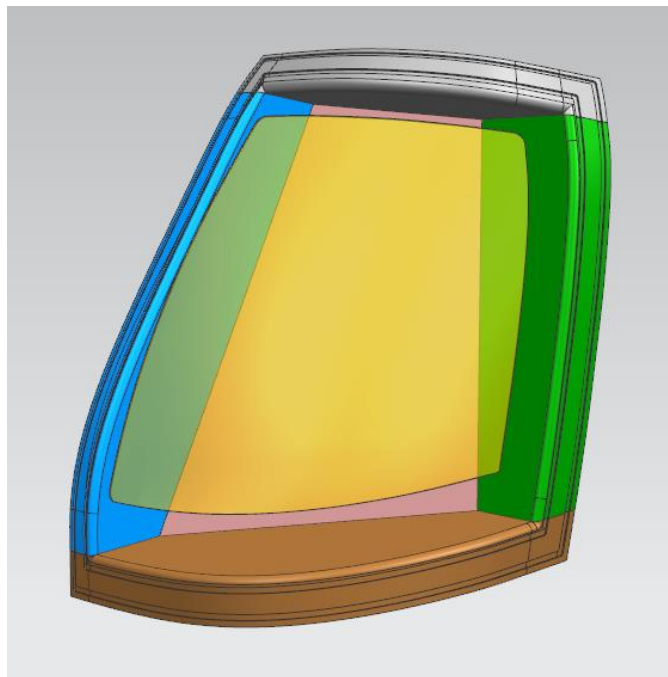


Рис.6. Математическая модель оснастки для пневмоформования лобового стекла изд. «500».

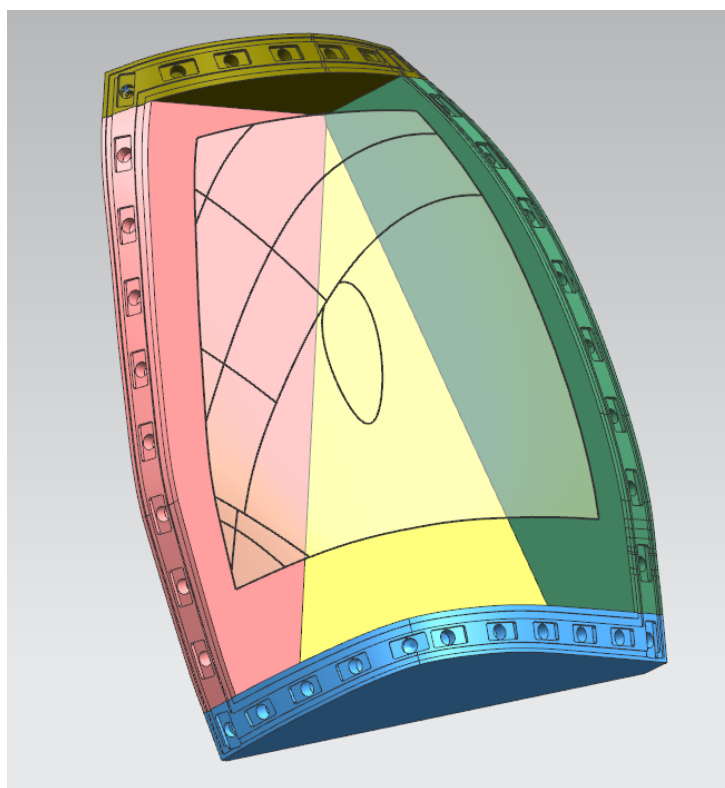


Рис.6. Математическая модель оснастки для пневмоформования лобового стекла изд. «226».

При моделировании оправок минимизировали внутреннюю рабочую полость. Оправка состоит из четырех стенок, скрепленных болтовым соединением на термостойкий герметик ВИКСИНТ У-2-28НТ ТУ38.303-04-04-90. На контуре оправки выполнены пазы 6x15, в которых вложен герметизирующий жгут из термостойкой резины НО-68-1 ТУ 38 0051166-98.

Жгуты вулканизированы на оправке с клеем «ЛЕЙКОНАТ» по ТУ 6-14-95-14.

Зажим стекла осуществляется прижимными планками с болтовым соединением (рис. 8)

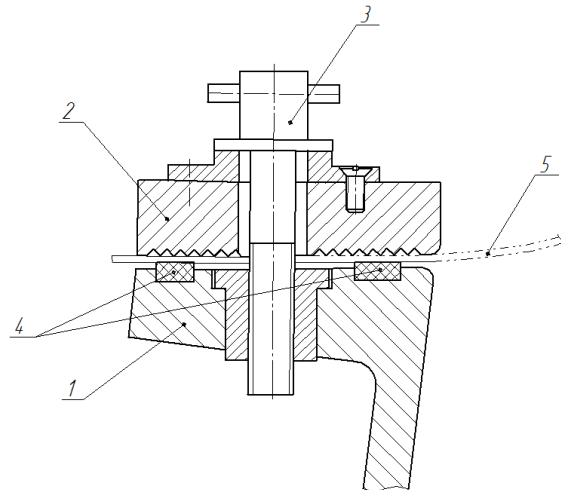


Рис.8. Зажим и герметизация заготовки стекла по периметру.  
1 – оправка; 2 – прижим; 3 – болт; 4 – герметизирующий жгут;  
5 – стекло.

Со стороны максимального объема выведен штуцер для подвода воздуха. Чтобы исключить воздушное влияние воздуха на оптические свойства стекла, к штуцеру установлен рассекатель (рис.9).

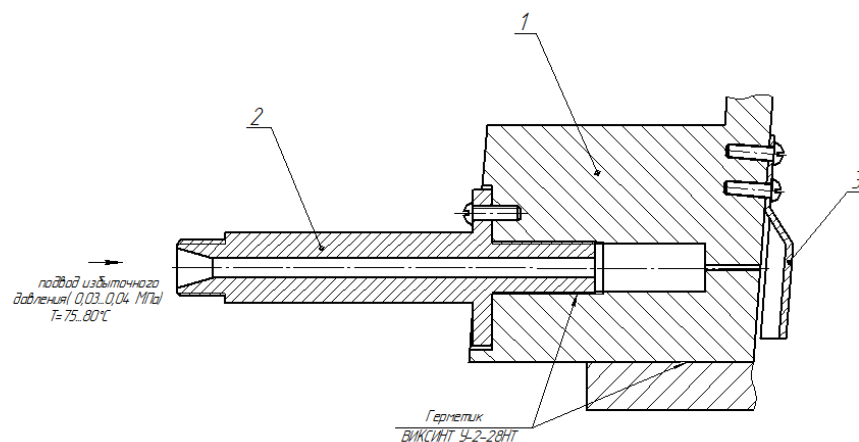


Рис.9. Подвод воздуха для пневмоформования.  
1 – оправка; 2 – штуцер; 3 – рассекатель.

Контроль контура при вытяжке определяем по маячку приспособления (рис.10).

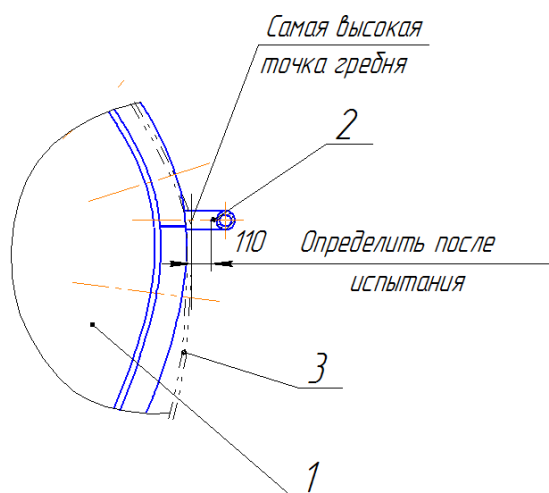


Рис.10. Контроль высоты вытяжки.  
1 – оправка; 2 – маячок; 3 – стекло.

## 6. Обработка приспособления

Обработка оправок производилась на обрабатывающем центре с ЧПУ S.F.Y. 5AX-6000 за одну установку с выполнением операций: обработка по контуру; обработка канавок; обработка отверстий под прижимные планки (рис.11).



Рис. 11. Обработка пазов на обрабатывающем центре с ЧПУ S.F.Y. 5AX-6000

Окончательный вид приспособления (рис.12)

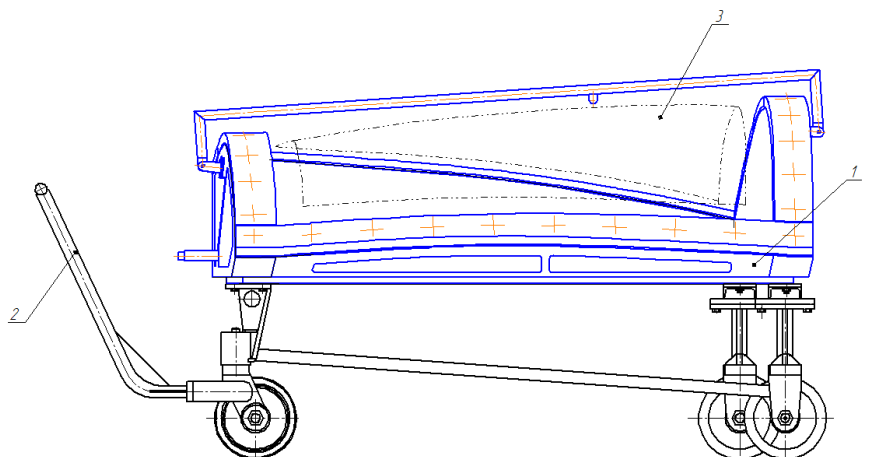


Рис.12. Приспособление для пневмоформования лобового стекла изд.«226».  
1 – оправка; 2 - тележка; 3 – стекло.

## 7. Испытание и внедрение оснастки

После изготовления первых образцов лобовые стекла прошли контроль на соответствие теоретическому контуру и обреза детали по КРС (корзина рабочих сечений), оптическим свойствам. Результаты соответствовали требованиям чертежа и техническим условиям на изделие.

Установка лобовых стекол на изделие прошла без замечаний.

И.о. заместителя управляющего директора  
по персоналу и общим вопросам

О.Ю. Фролов