



Разработка и изготовление опытного образца линзы светодиодного светильника

А.Б.Пелипенко
Директор по маркетингу и продажам
ООО «Би Питрон СП»

Санкт-Петербург
19 марта 2015 г.

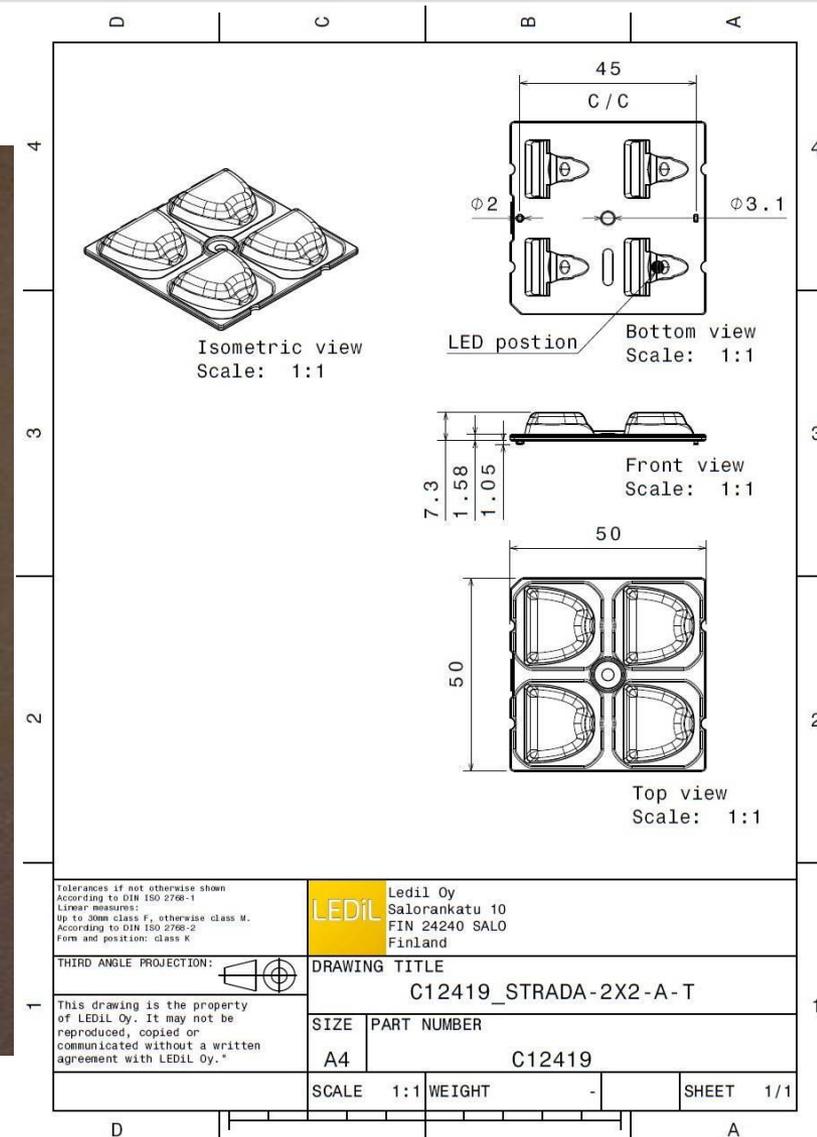
Этапы реализации проекта разработки и изготовления опытного образца линзы светодиодного светильника

- Предконтрактная подготовка
 - Сбор и анализ исходных данных
 - Определение метода решения задачи
 - Разработка ТЗ
 - Определение субподрядчиков и поставщиков комплектующих
 - Оценка сроков и стоимости выполнения работ
 - Согласование и подписание договора с заказчиком
- Проектирование изделия
- Проектирование и производство оснастки
- Изготовление изделия
- Проверка и сдача результатов заказчику

Предконтрактная подготовка

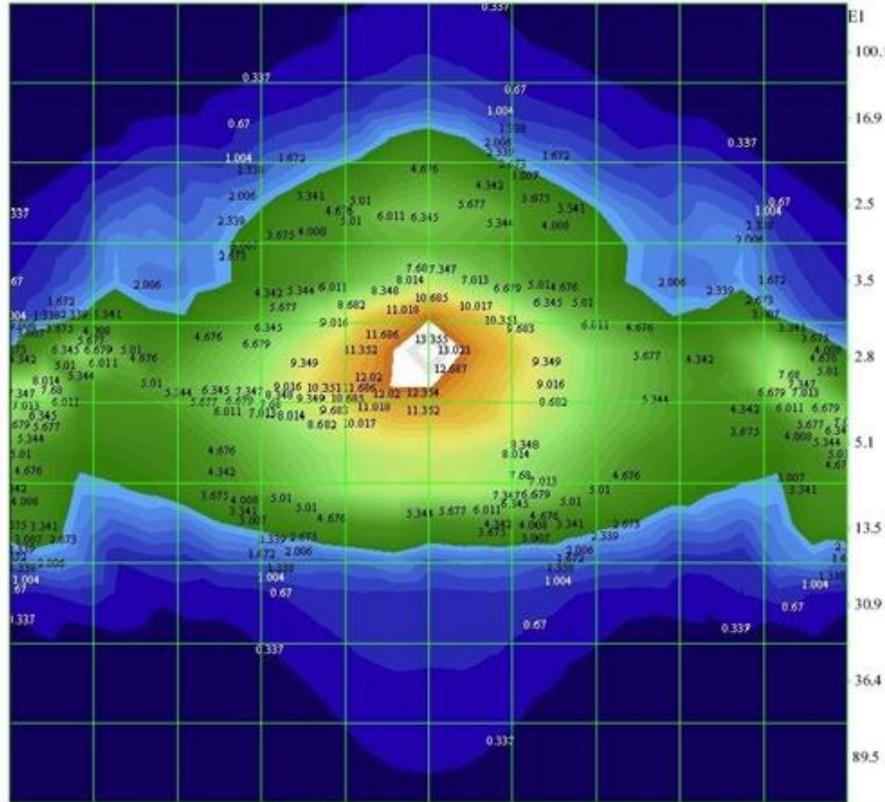
- Исходная постановка задачи
 - Изготовить прототип линзы в количестве 10 штук для проверки оптических характеристик и утверждения разработанных на нее заказчиком 3D-модели и КД
- (Цель заказчика – скопировать линзу финской компании Ledil)
- Исходные данные
 - Физическая модель линзы-образца
 - Результаты исследования линзы-образца в фотометрической лаборатории
 - 3D-модель и чертеж, разработанные заказчиком по результатам обмера линзы-образца

Линза-образец – блок 2x2 и ее Datasheet



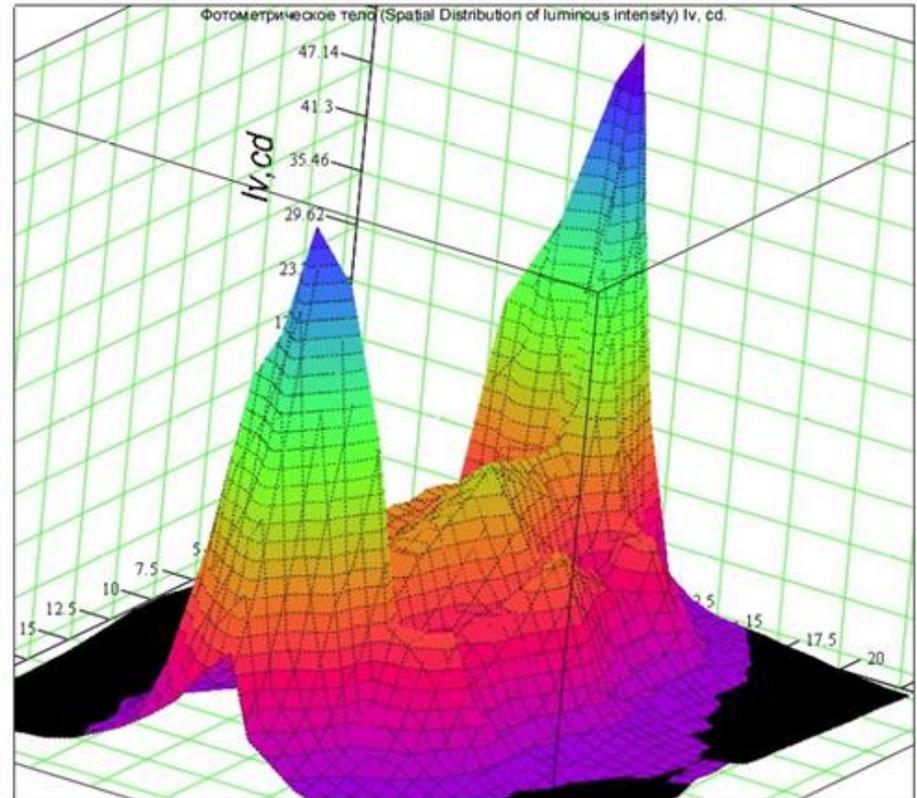
Результаты исследования линзы-образца

Распределение освещённости поверхности (Distribution of surface illumination). E, lx.

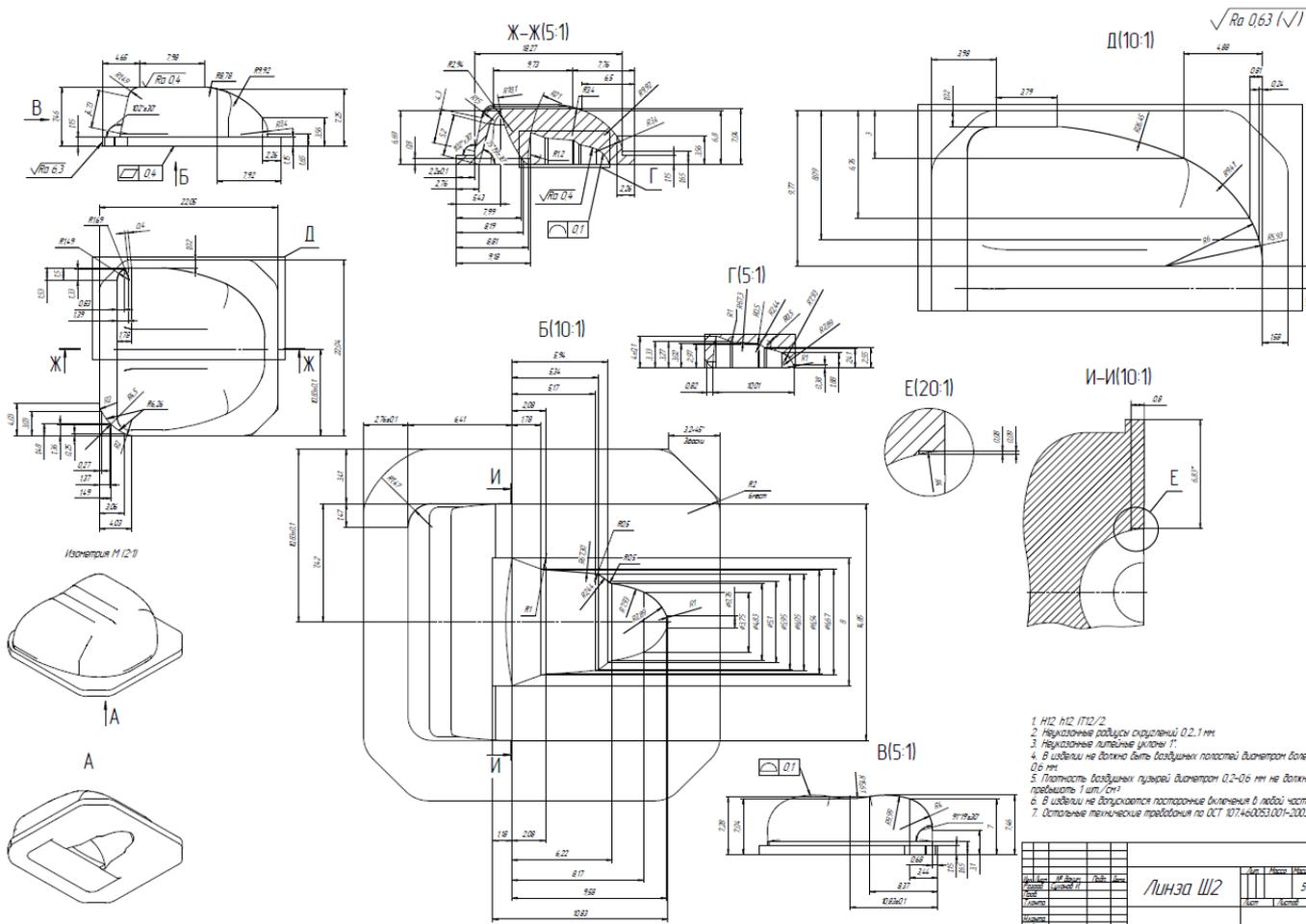


Высота (расстояние) $H = 1,4\text{ m}$ Δ ----- Δ Неравномерность освещённости по горизонтали Δ
 Сторона квадрата масштабной сетки: $\Delta = 0,50\text{ m}$ Сторона квадрата поля диаграммы $L = 5,04\text{ m}$

3D диаграмма пространственного распределения силы света (фотометрическое тело).
 Фотометрическое тело (Spatial Distribution of luminous intensity) I_v, cd .



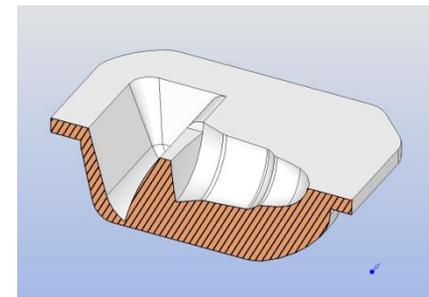
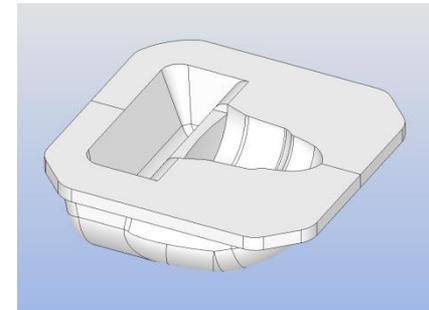
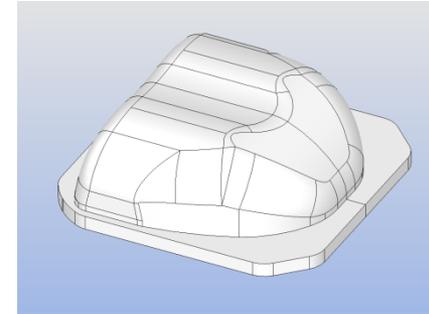
Модель и чертеж линзы-образца



1. Н12, Н12, П12/2
2. Микрошаговые радиусы округлений 0,2,1 мм
3. Микрошаговые литовые углы 1°
4. В изделии не должны быть воздушные полости диаметром более 0,6 мм
5. Полнота воздушных пузырей диаметром 0,2-0,6 мм не должна превышать 1 шт./См²
6. В изделии не допускается газопористость в любой части
7. Остальные технические требования по ГОСТ 10744-2003.01-2003

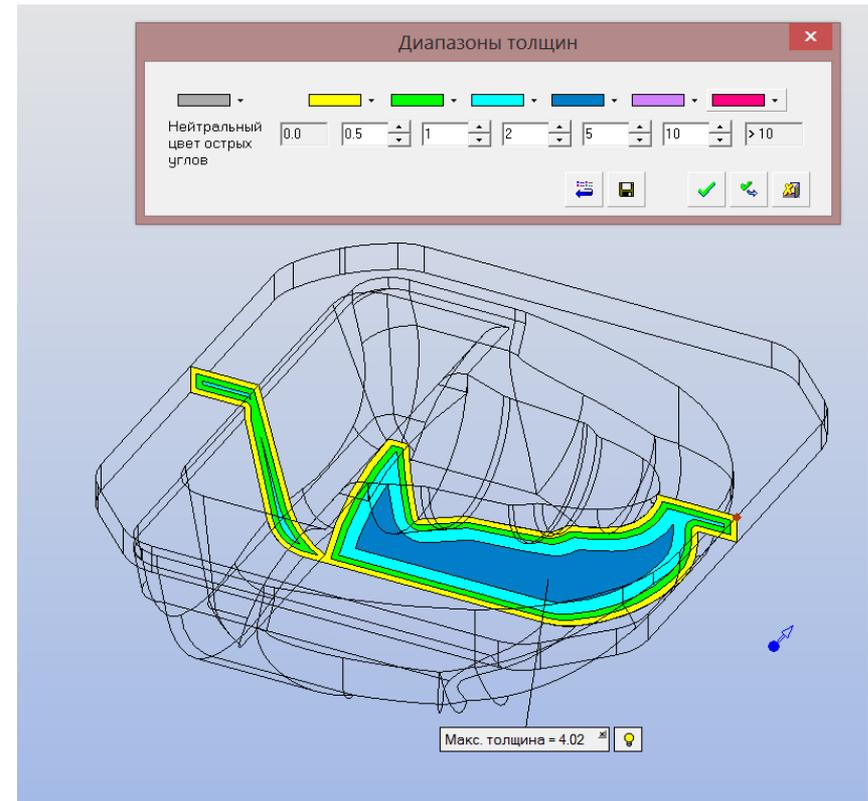
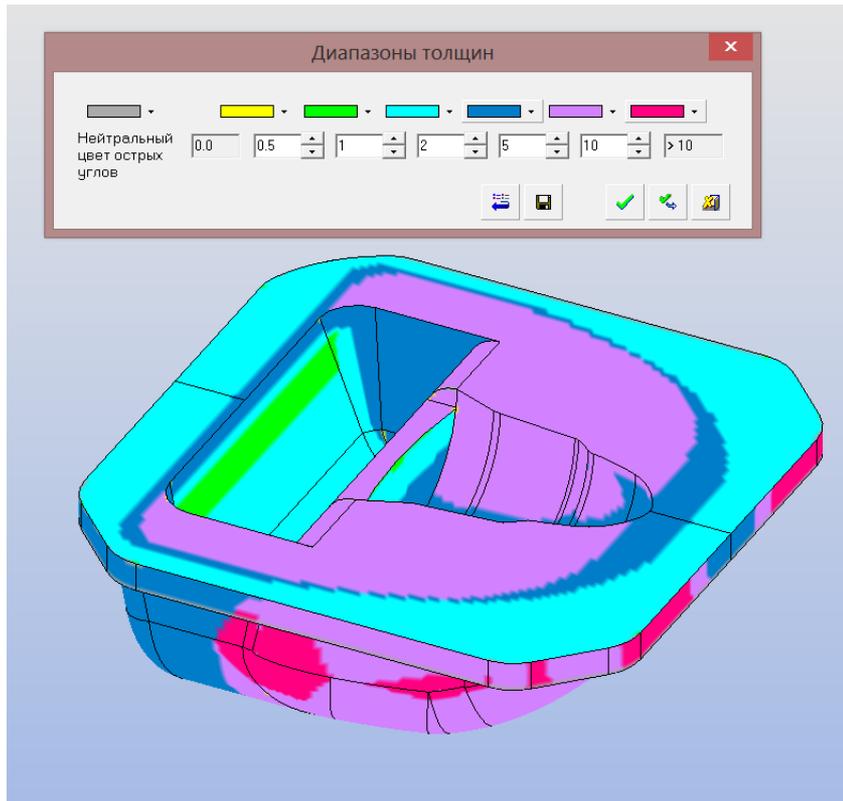
№ документа	И.В. Давыдов	Л.В. Давыдов	Л.В. Давыдов
Дата	10.01.11	10.01.11	10.01.11
Лист	1	1	1
Всего листов	1	1	1

Линза Ш2



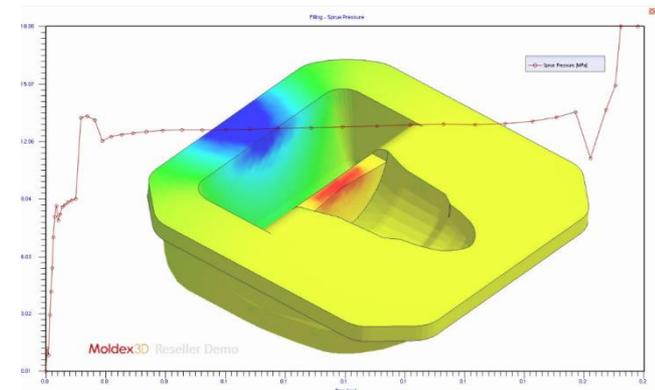
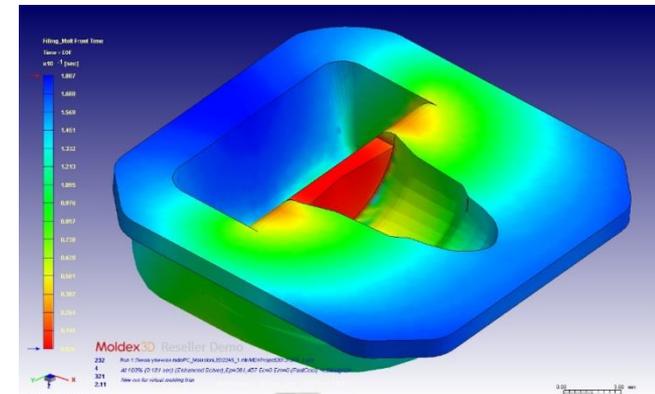
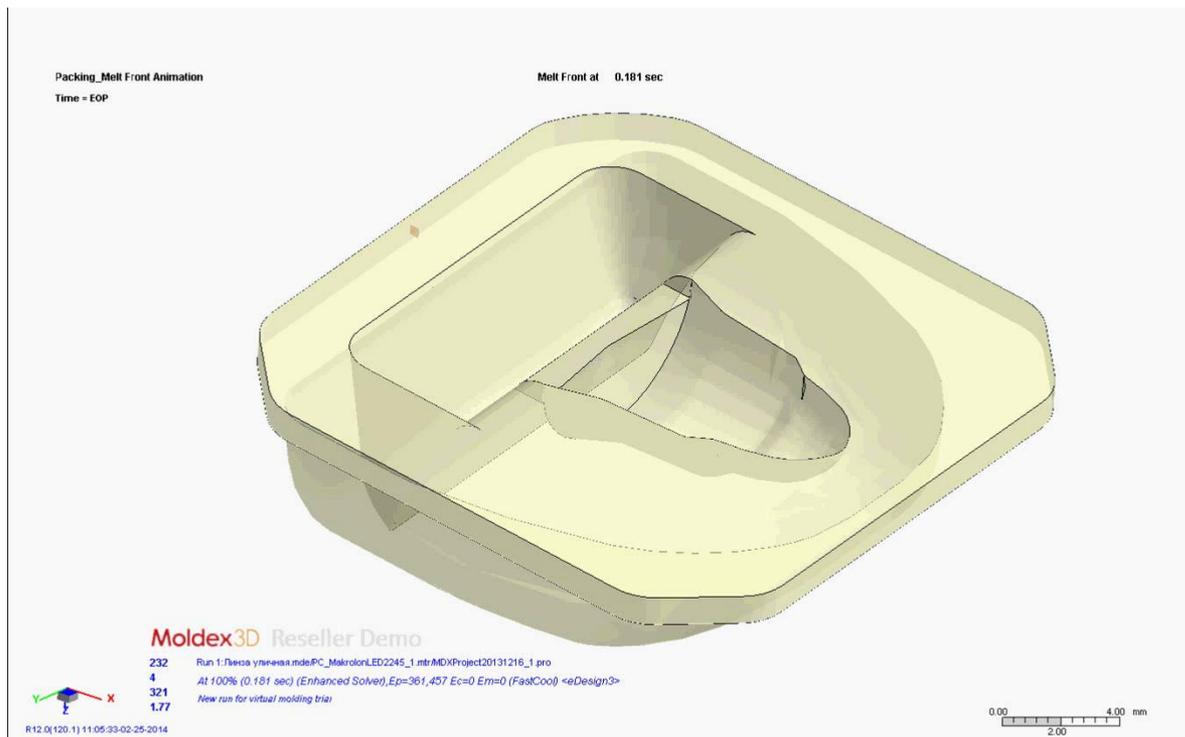
Отработка модели на технологичность (1/2)

- Анализ толщины стенок в *CimatronE*



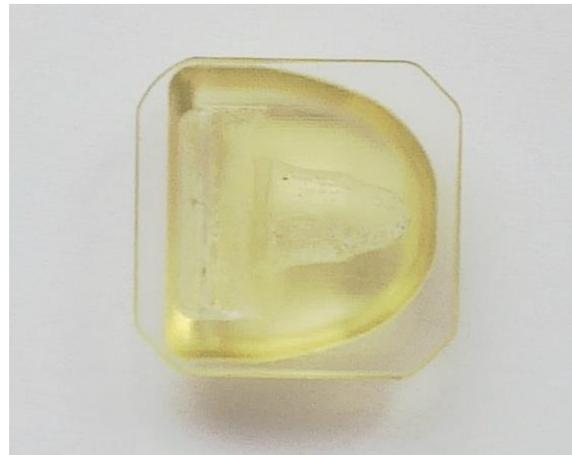
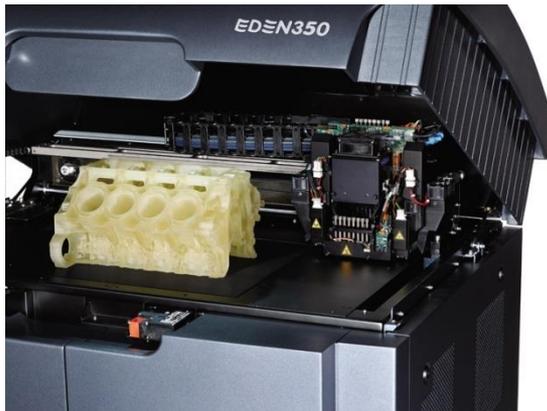
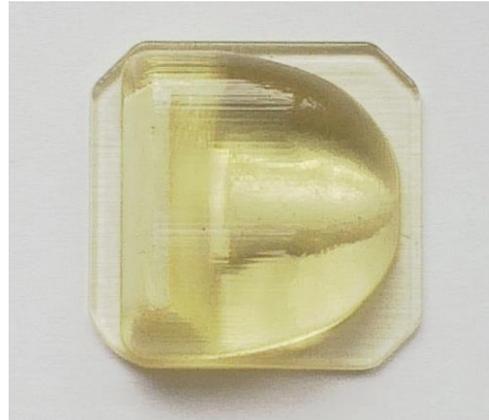
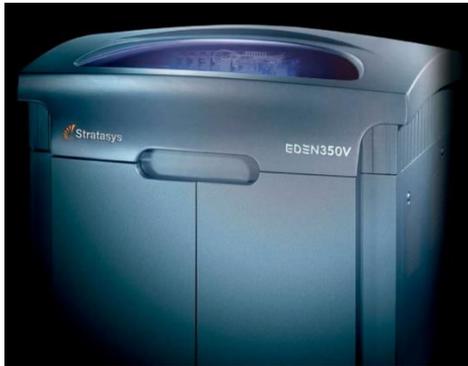
Отработка модели на технологичность (2/2)

- Предварительный анализ проливаемости в Moldex3D



Проработка вариантов изготовления (1/2) (до окончательного определения требований заказчиком)

- Прототип, выращенный на 3D-принтере (послойная технология PolyJet)



**3D принтер
Objet Eden350V**

Проработка вариантов изготовления (2/2) (до окончательного определения требований заказчиком)

- Изготовление прототипа литьем в силиконовую форму

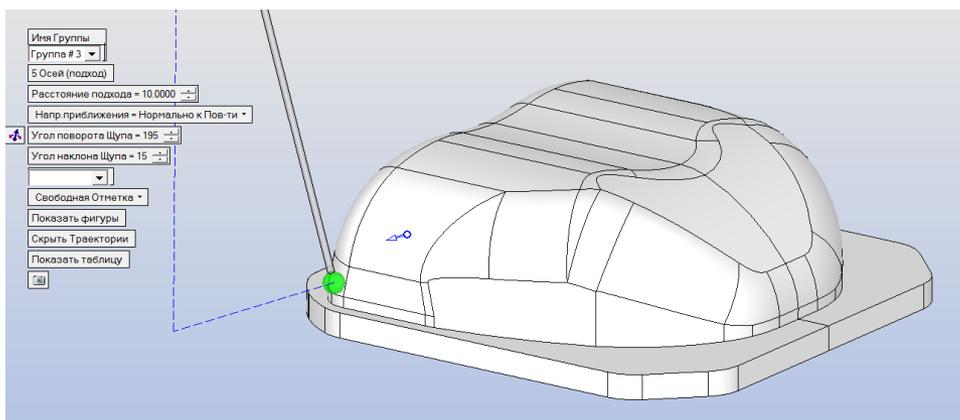


Вакуумный шкаф



Контроль точности геометрии

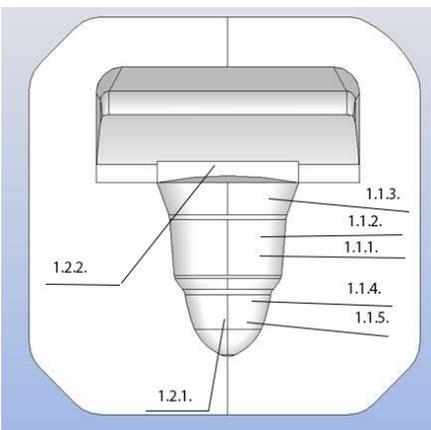
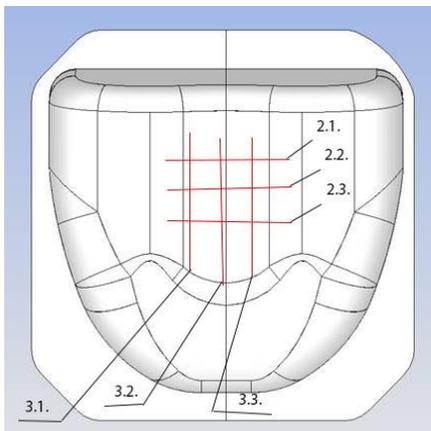
- Оборудование: координатно-измерительная машина (КИМ) Global Perfomance
- Измерение по контрольным точкам или полное санирование изделия и сравнение с исходной 3D моделью



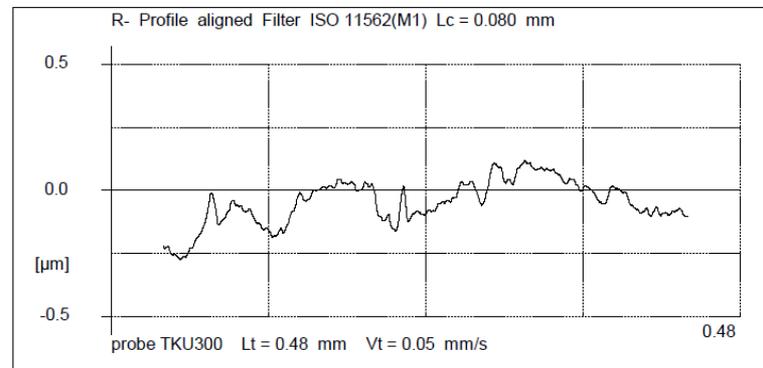
КОММЕНТАРИЙ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕРЕНО	ОТКЛ	ВНЕ_ДОП.
1 - X (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.051	-0.051	0.001
1 - Y (MM)	-8.929	0.050	0.050	-8.930	0.000	
1 - Z (MM)	-0.573	0.050	0.050	-0.568	0.004	
2 - X (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.049	-0.049	
2 - Y (MM)	-5.338	0.050	0.050	-5.342	-0.003	
2 - Z (MM)	-0.533	0.050	0.050	-0.529	0.004	
3 - X (MM)	-6.549	0.050	0.050	-6.553	-0.004	
3 - Y (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.069	-0.069	0.019
3 - Z (MM)	-0.457	0.050	0.050	-0.459	-0.002	
4 - X (MM)	-10.995	0.050	0.050	-10.996	-0.001	
4 - Y (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.096	-0.096	0.046
4 - Z (MM)	-0.387	0.050	0.050	-0.379	0.008	
5 - X (MM)	-3.508	0.050	0.050	-3.510	-0.002	
5 - Y (MM)	-2.147	0.050	0.050	-2.151	-0.004	
5 - Z (MM)	0.000	0.050	0.050	-0.011	-0.011	
6 - X (MM)	-4.255	0.050	0.050	-4.265	-0.010	
6 - Y (MM)	-16.821	0.050	0.050	-16.881	-0.060	0.010
6 - Z (MM)	3.950	0.050	0.050	3.971	0.021	

Контроль шероховатости поверхностей

- Оборудование: профилометр Hommel Tester T8000

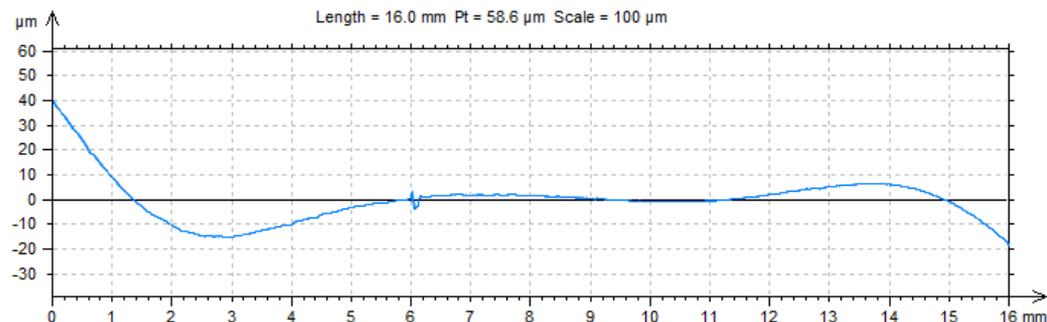


	Ra, μm
1.1.1.	0.08
1.1.2.	0.10
1.1.3.	0.10
1.1.4.	0.08
1.1.5.	0.09
1.2.1.	0.07
1.2.2.	0.34
2.1.	0.05
2.2.	0.04
2.3.	0.03
3.1.	0.06
3.2.	0.04
3.3.	0.13



Pt	11.89 μm
Ra	0.08 μm
Rq	0.10 μm
Rz	0.20 μm
Rmax	0.26 μm

1.1.1.

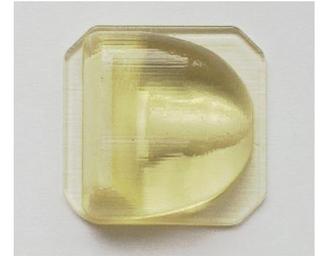


Определение метода решения задачи (1/2)

Проработанные варианты изготовления

■ Выращивание на 3D-принтере

- **Плюсы:** быстро и дешево
- **Минусы:** отсутствие материалов, соответствующих по оптическим характеристикам материалу будущего изделия, неточно



■ Литье в силиконовые формы

- **Плюсы:** быстро и недорого
- **Минусы:** необходимость изготовления для литья требующейся партии деталей нескольких форм, отсутствие материалов, соответствующих оптическим характеристикам материала заказчика, невысокая точность



■ Литье в традиционную литьевую форму

- **Плюсы:** получение прототипа с характеристиками, эквивалентными будущему серийному изделию
- **Минусы:** большие стоимость и сроки

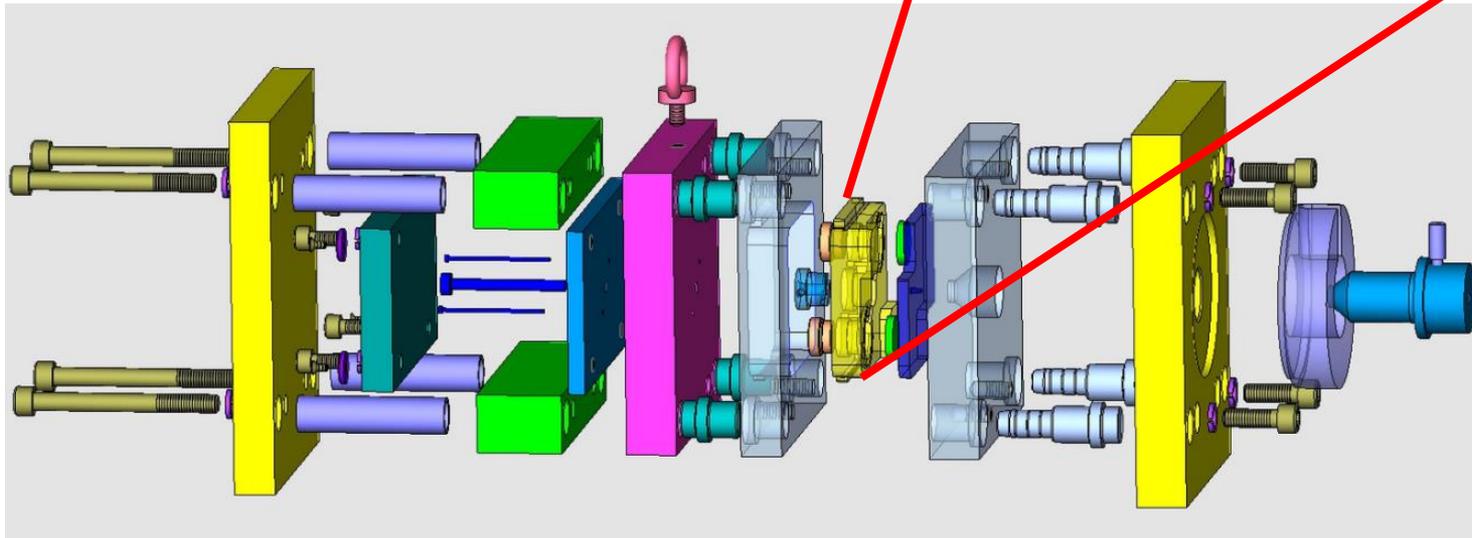
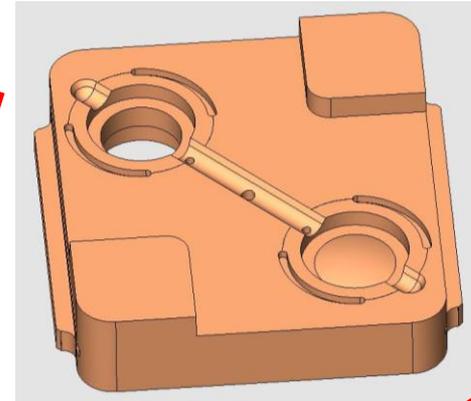
Определение метода решения задачи (2/2)

Заключение - после уточнения заказчиком требований к прототипу:

- Для обеспечения возможности тестирования оптических характеристик необходимо изготавливать прототип линзы методом литья в традиционную литьевую форму
- В качестве основы может использоваться имеющаяся групповая литьевая форма с внесением в конструкцию изменений
- В связи с изменением заказчиком материала и типа светодиода геометрия линзы должна быть полностью перепроектирована

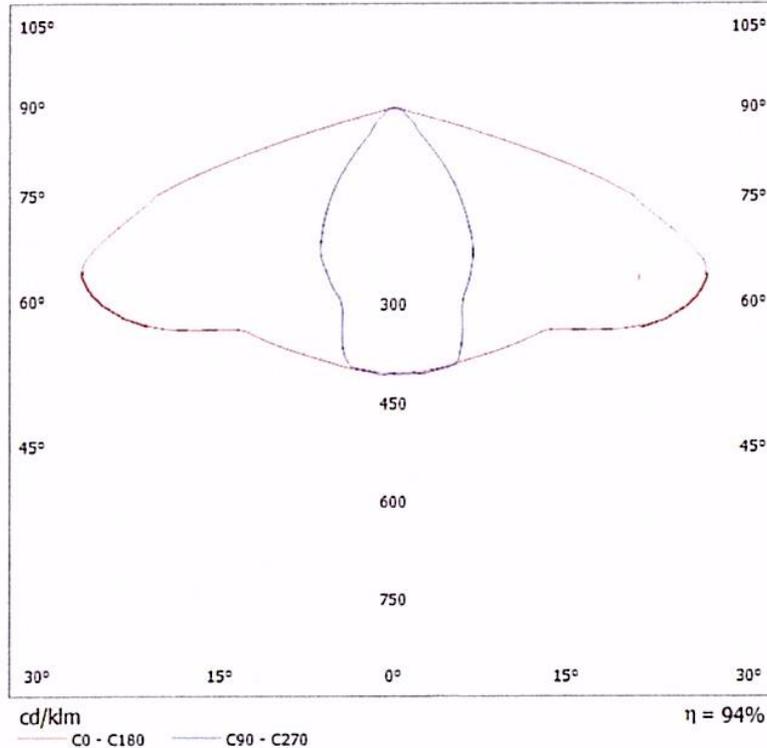
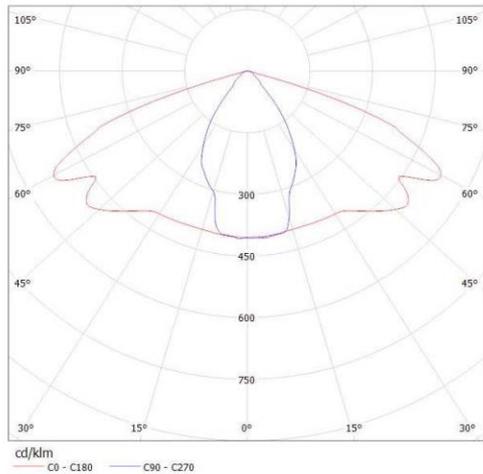
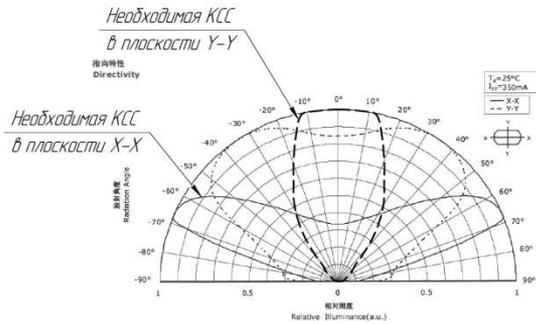
Групповая литейная форма

- С формообразующими деталями для литья дисковой линзы



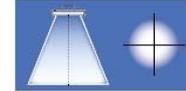
Разработка ТЗ (1/2)

- Длительное согласование
 - 10-15 итераций
 - 4 варианта кривой силы света (КСС типа Ш2)

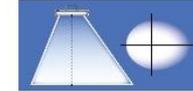


Тип оптической системы

Заложенные в светильнике технологии позволяют выбрать один из двух типов линз, расположенных индивидуально на каждом диоде:



■ с симметричным распределением света



■ с несимметричным распределением света

Система линз Bayer



Другим постоянным партнером «АтомСвета» является известный немецкий химический концерн Bayer.

Система линз, интегрированная в защитное покрытие, изготовлена из особого поликарбоната компании

Угол распределения оптической системы

В соответствии с заданными параметрами можно задать следующие значения:

ильно создан

LED обладаю сравнению (ирбонатами).

света во вто

сть, кислото- льника благо- оната компа-

С;

ветильника ь светодиод-

твами.

я (140° x 110°)

ровная (15°)

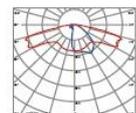
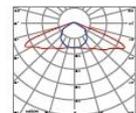
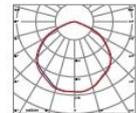
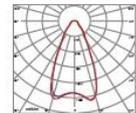
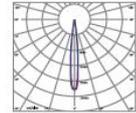
■ концентрированная, угол распределения 15° (К)

■ глубокая, угол распределения 30° (Г)

■ косинусная, угол распределения 120° (Д)

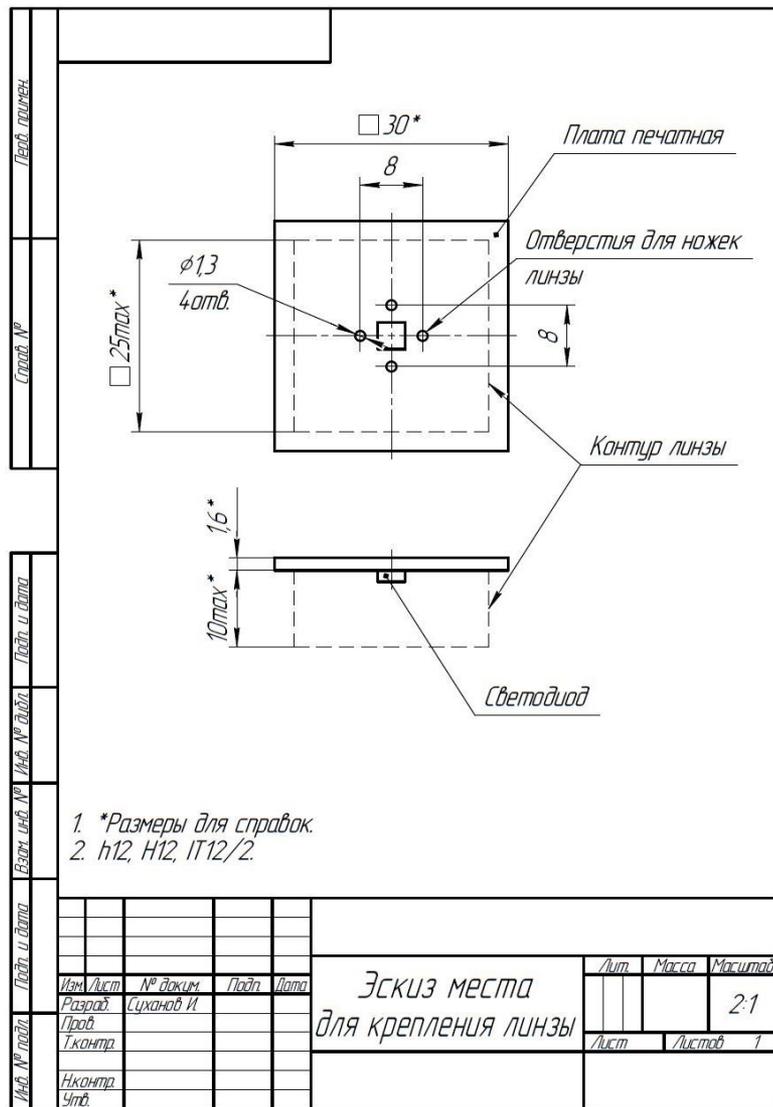
■ широкая Ш1 (140° x 110°)

■ широкая боковая Ш2



Разработка ТЗ (2/2)

- Эскиз места крепления линзы



Копировал

Формат А4

ТЗ - требования (1/2)

- Изделие (линза) предназначено для получения заданной диаграммы пространственного излучения совместно со светодиодом при установке непосредственно на плату, на которой расположен светодиод. Линза точно позиционируется относительно источника излучения (светодиода)
- Материал линзы – оптический поликарбонат марки Bayer Macrolon LED 2245. Параметры, основные технические данные на материал предоставляет заказчик
- Тип светодиода, на который монтируется линза: Nichia NCSW219B. Технические параметры используемого светодиода - конструкция, габаритные размеры, диаграмма направленности излучения, цвет излучения, световой поток предоставляет заказчик

ТЗ - требования (2/2)

- **Оптический КПД линзы должен быть не менее 85%**
- Класс светораспределения: П по ГОСТ Р 54350
- Тип условной экваториальной кривой силы света: осевая по ГОСТ Р 54350
- Углы излучения: $144^{\circ} \pm 3^{\circ}$ и $62^{\circ} \pm 3^{\circ}$ в плоскостях C0-C180 и C90-C270 соответственно
- **Допуск на отклонение от заданной кривой (эквидистанта от заданной кривой): $\pm 10\%$. Отдельные отклонения оговариваются особо по результатам расчета освещенности**
- Значения максимальной силы света в зоне слепимости для любой меридиональной плоскости, приведенные к световому потоку 1000 лм: не более 100 кд и 25 кд для углов 80° и 90° соответственно (светораспределение ограниченного типа), согласно ГОСТ Р 54350-2011

ТЗ – результаты и контроль качества

Предоставляемые результаты

- Твёрдотельная 3D модель линзы в электронном формате *.IGES, *.SAT, *.STEP, *.STL с максимально возможной детализацией (точностью)
- Фотометрическое тело (светотехническая модель) в формате файла IES
- Изготовленный образец изделия (линзы) в количестве 100 штук

Методы контроля светотехнических параметров

- Сравнение светотехнических параметров линзы, полученных компьютерным моделированием, с результатами исследования изготовленного образца линзы в светотехнической лаборатории
- Контроль значения силы света в зоне слепимости с использованием компьютерного моделирования в среде Dialux для файла линзы в формате IES, полученного в результате исследования в светотехнической лаборатории

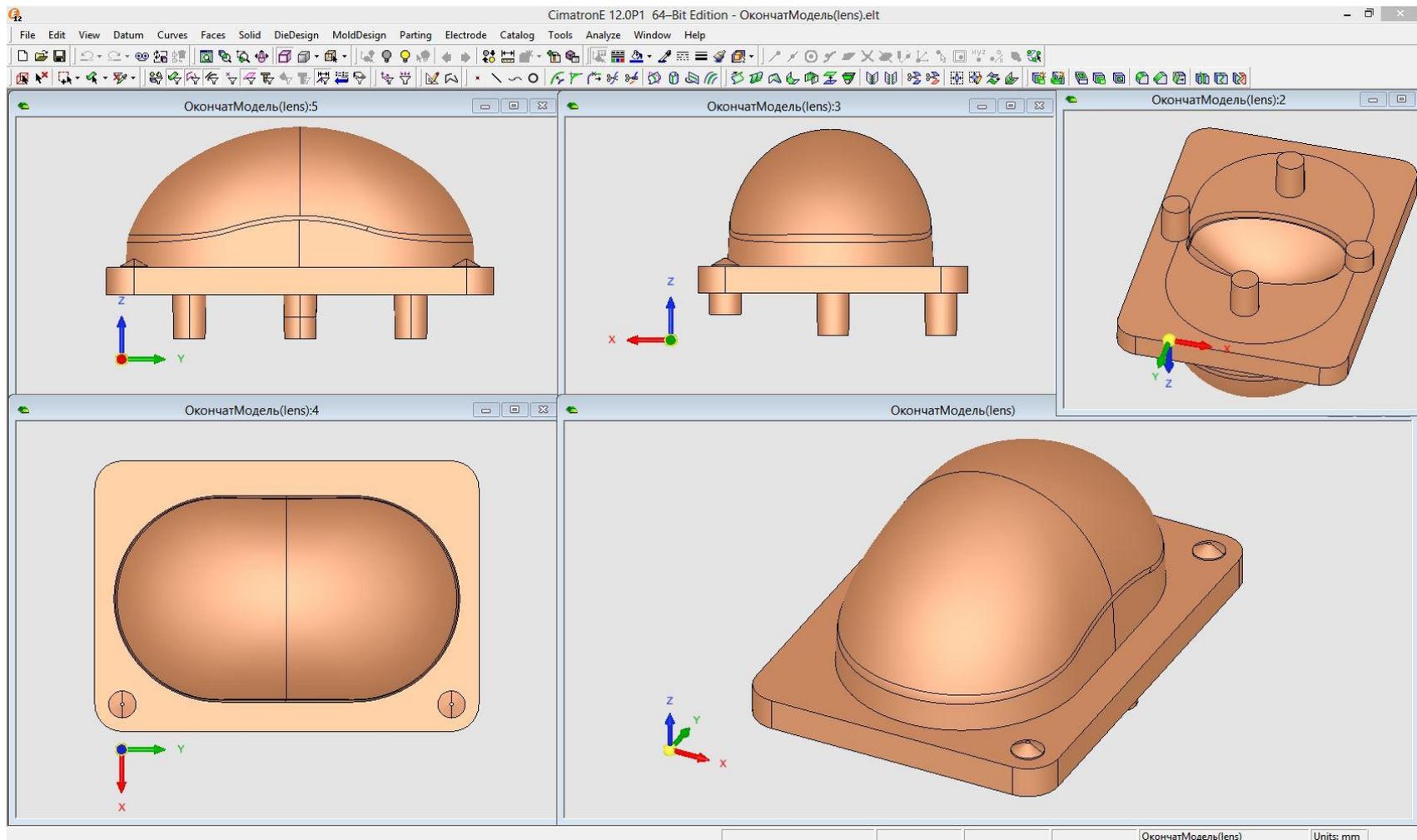
Планирование сроков выполнения работ

- Проектирование линзы – 5 недель
- Проектирование формообразующих литевой формы и анализ литья (2-3 варианта) - 24 часа
- Изготовление заготовки формообразующих деталей литевой формы – 3 комплекта
- Термообработка (закалка, отпуск, стабилизация)
- Разработка программ и изготовление на станке - 36 часов
- Разработка программ и измерение на КИМ - 4 часа
- Полировка - 4 дня
- Сборка литевой формы 4 часа
- Литье 100 деталей, включая установку и прогрев формы и настройку параметров литья - 5 часов
- Логистика

Итого срок выполнения работ по договору: 8+2 недели

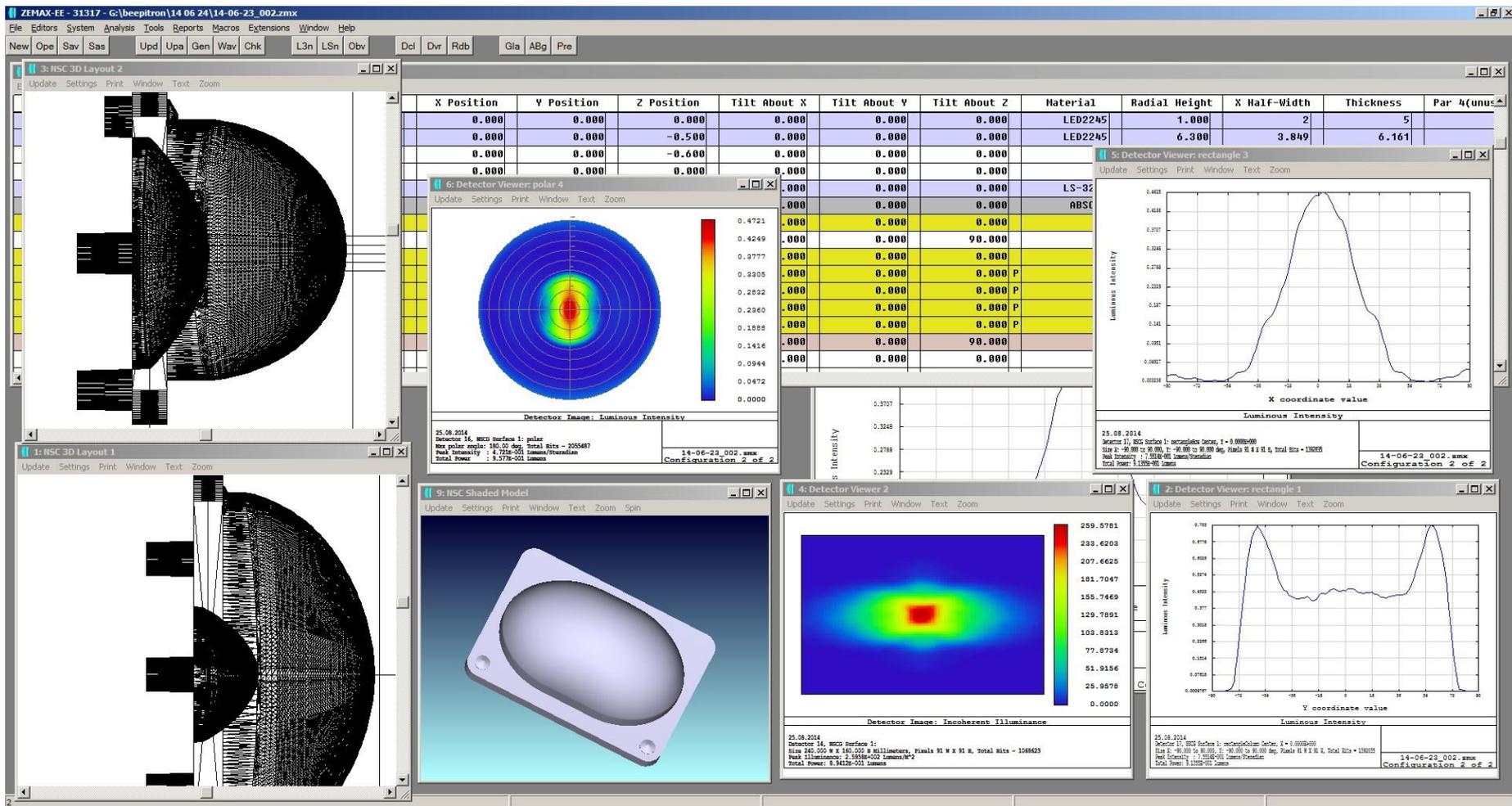
Проектирование линзы (1/2)

■ Модель в *CimatronE*



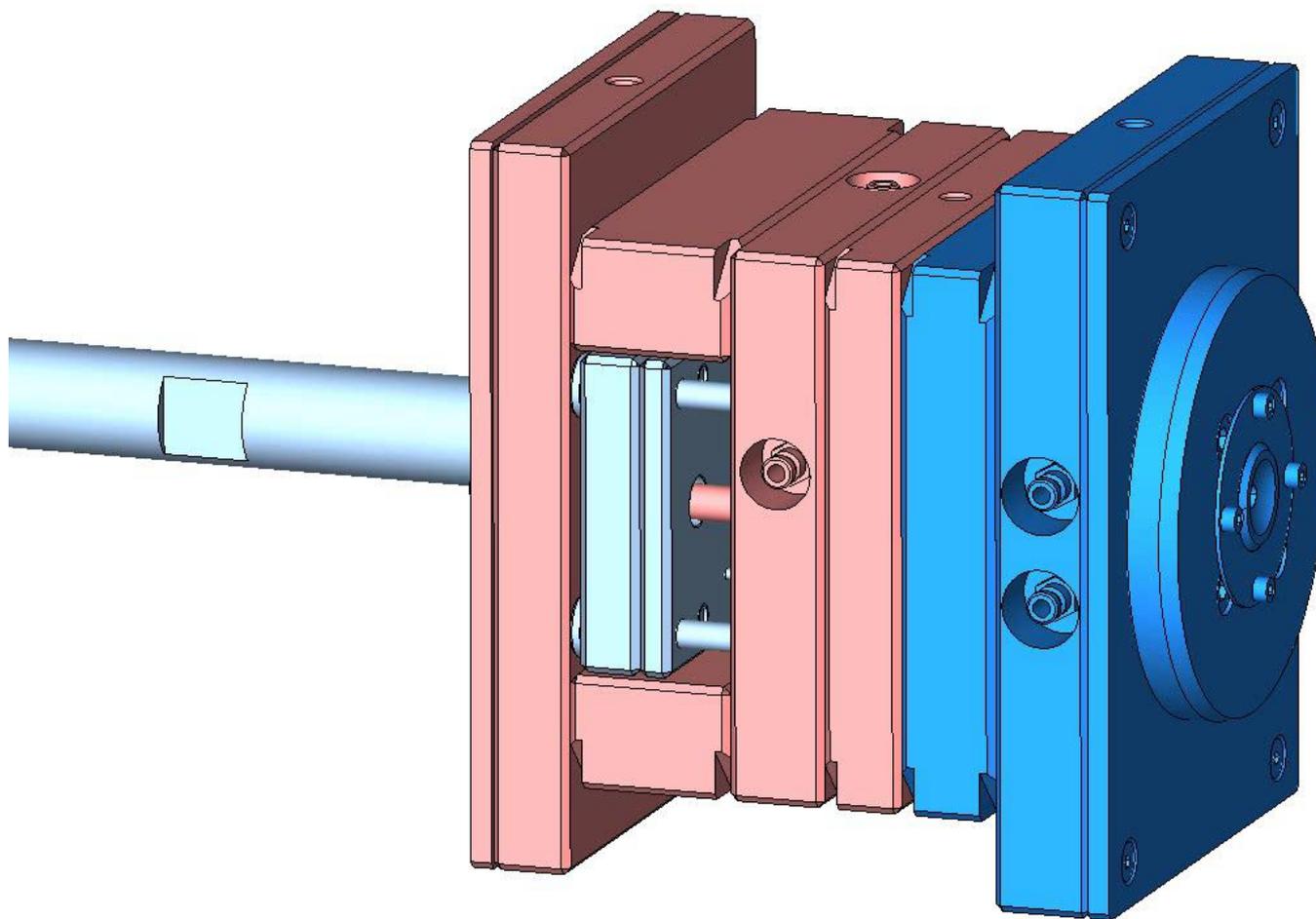
Проектирование линзы (2/2)

■ Модель в Zemax-EE



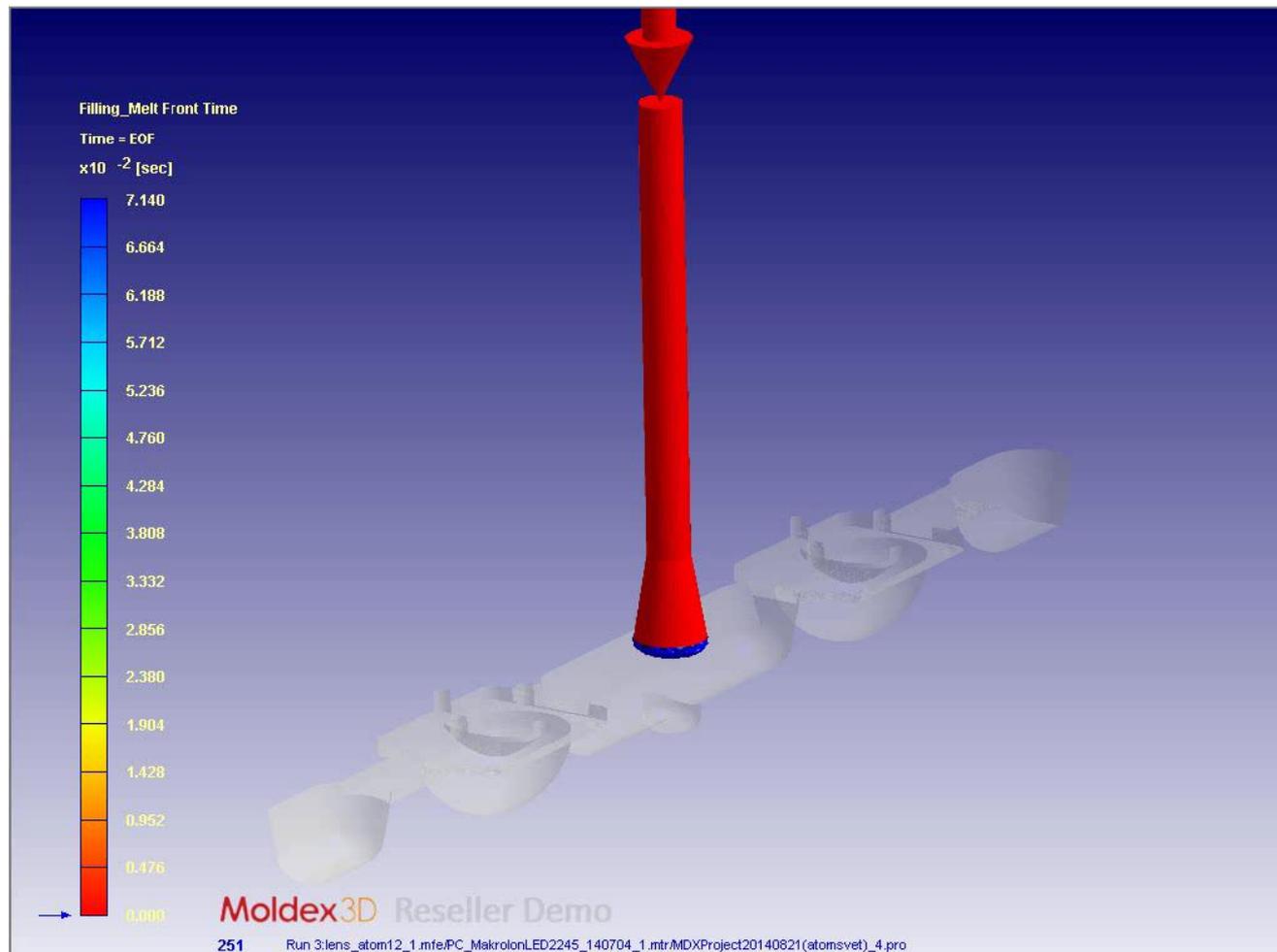
Проектирование литейной формы

- Модель в *CimatronE*



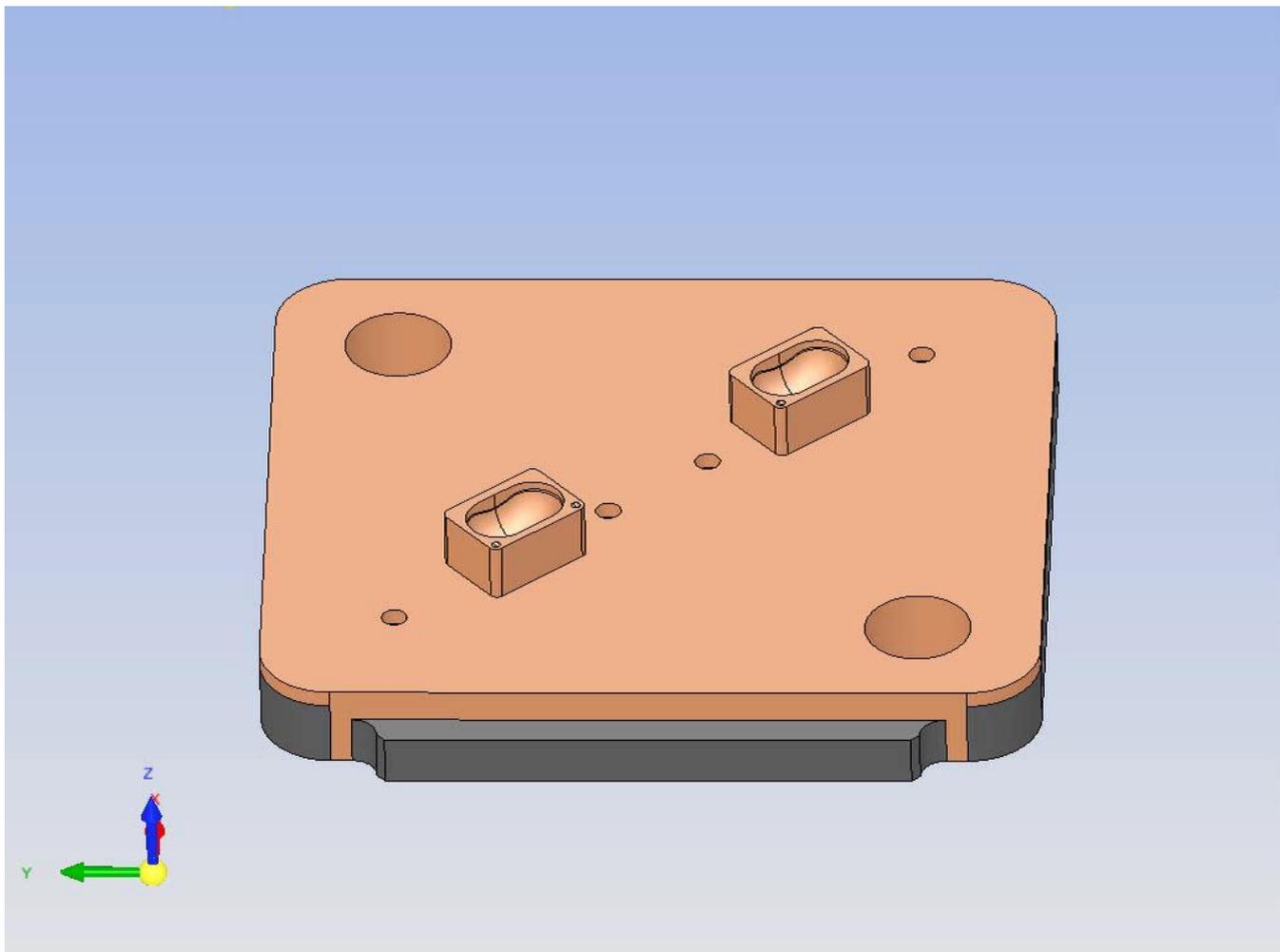
Моделирование литья

- Модель в *Moldex3D*

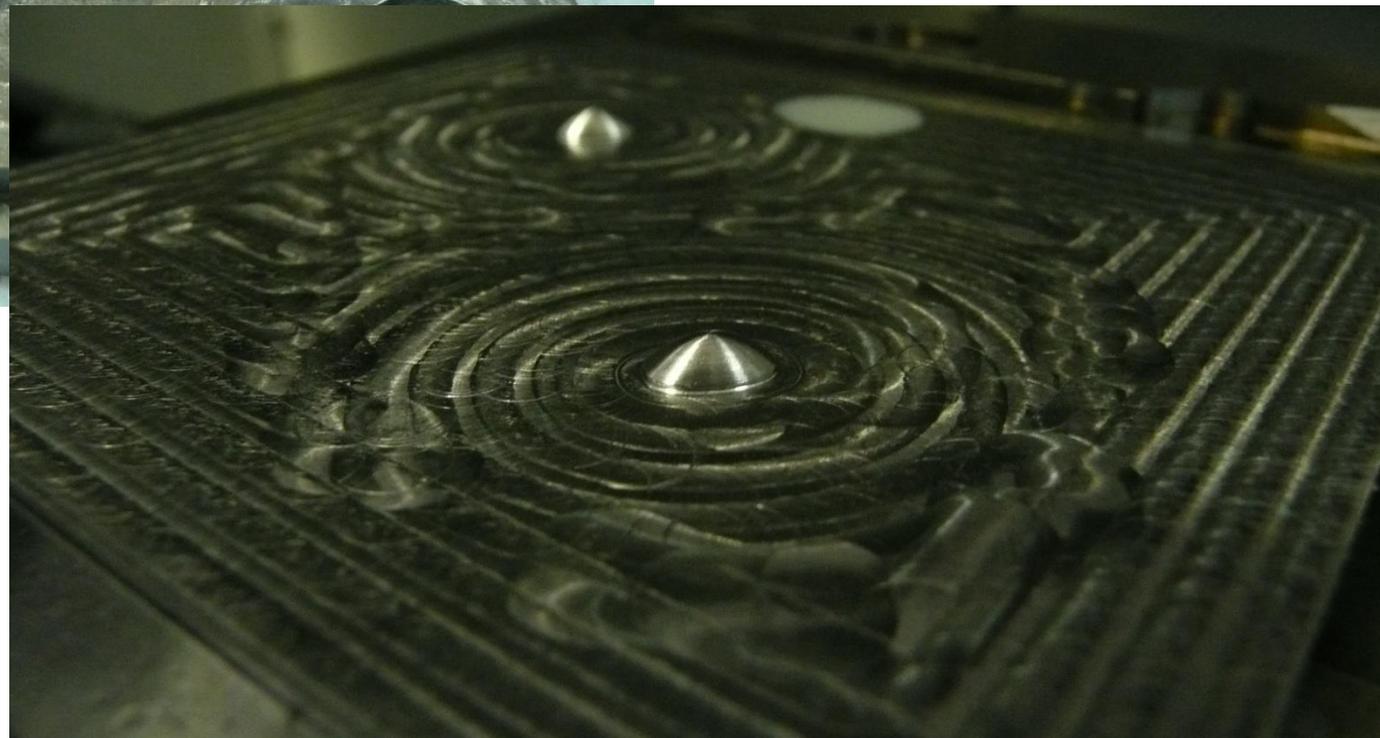
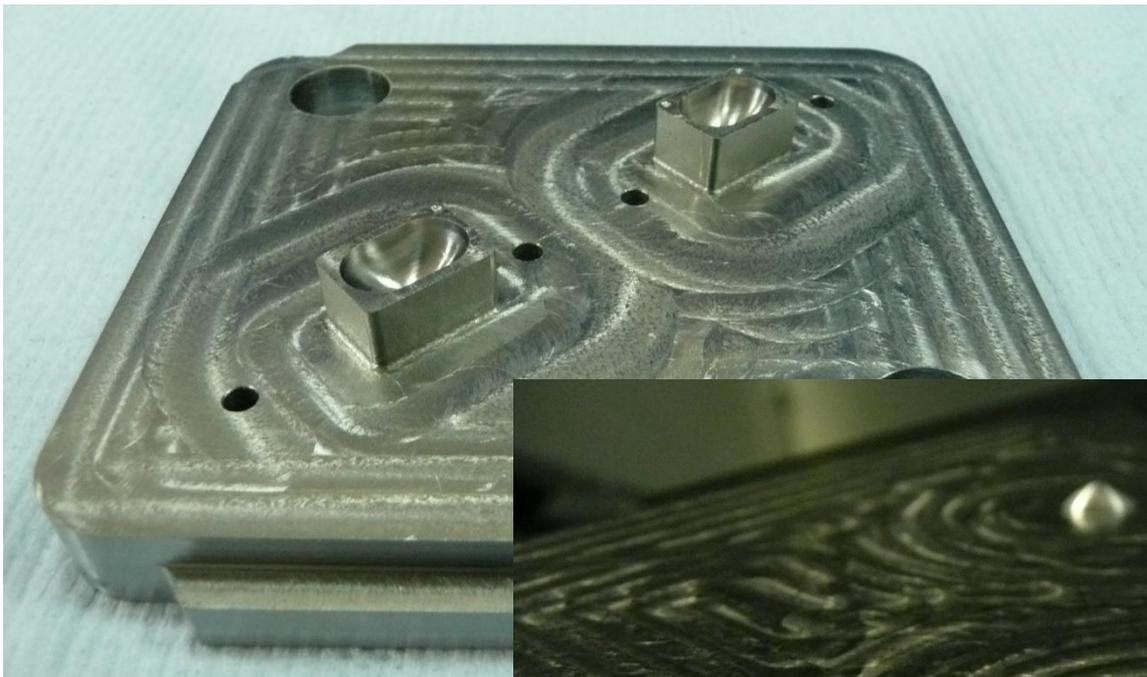


Изготовление деталей литейной формы

- Программирование микрофрезерования в *CimatronE*

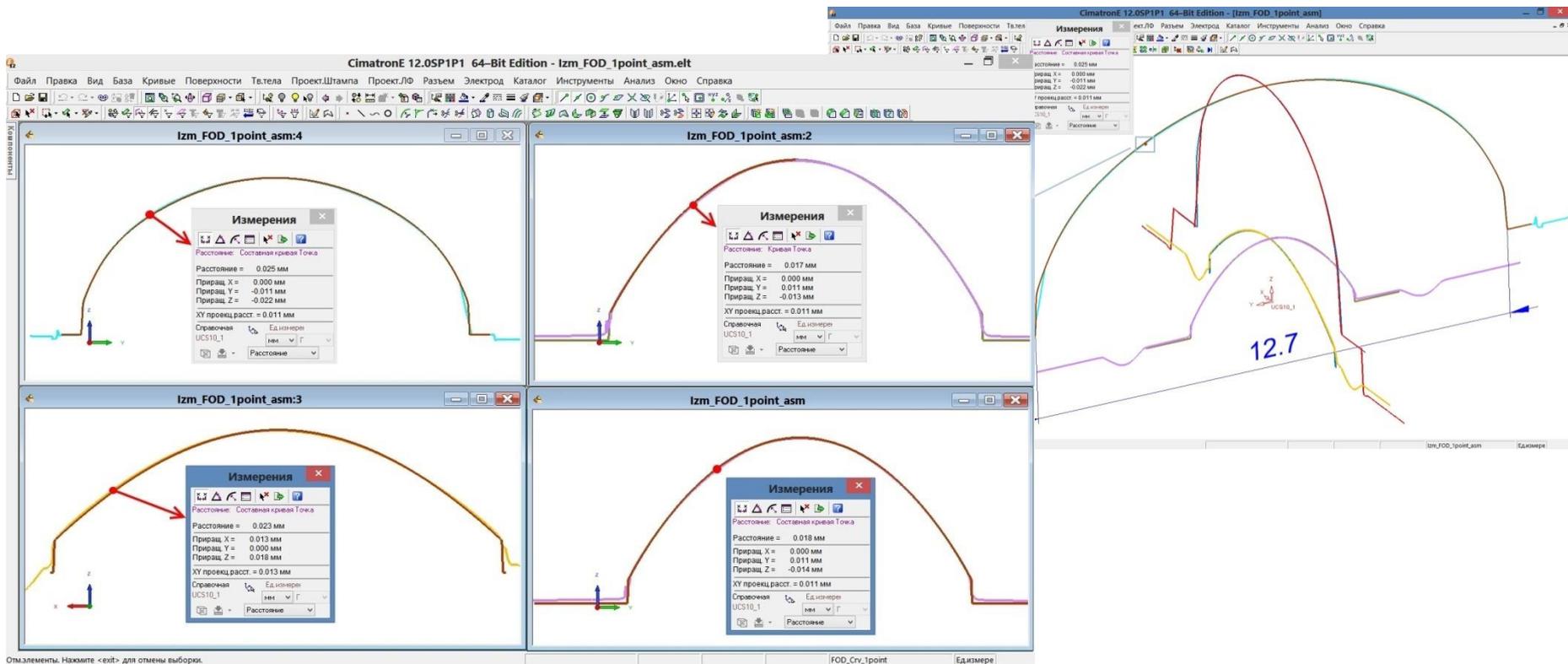


Формообразующие после фрезеровки

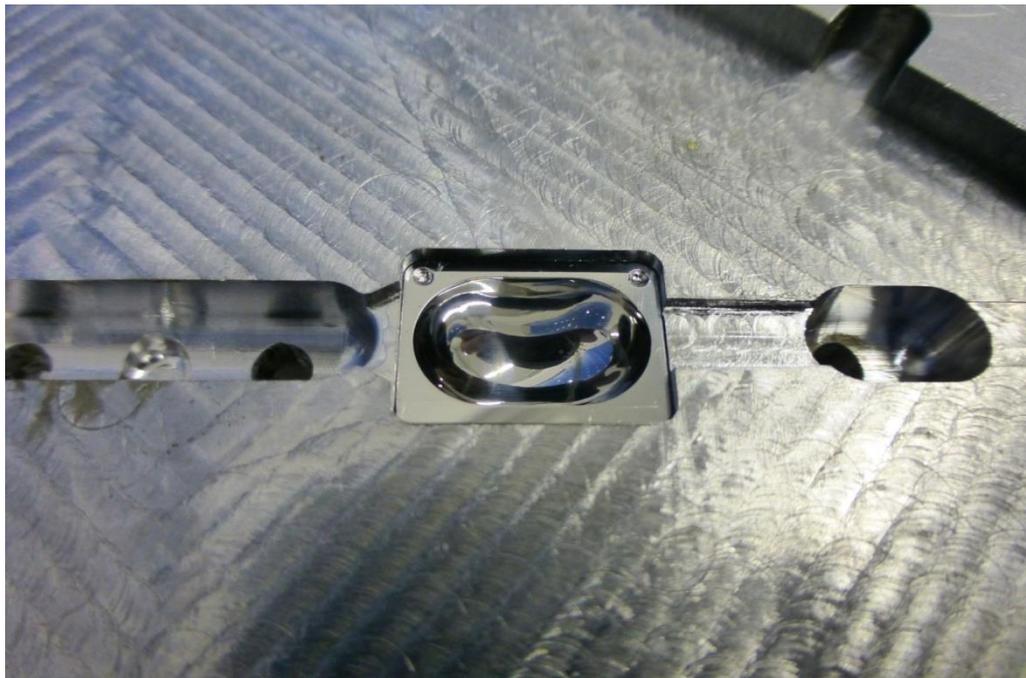


Контроль геометрии формообразующих

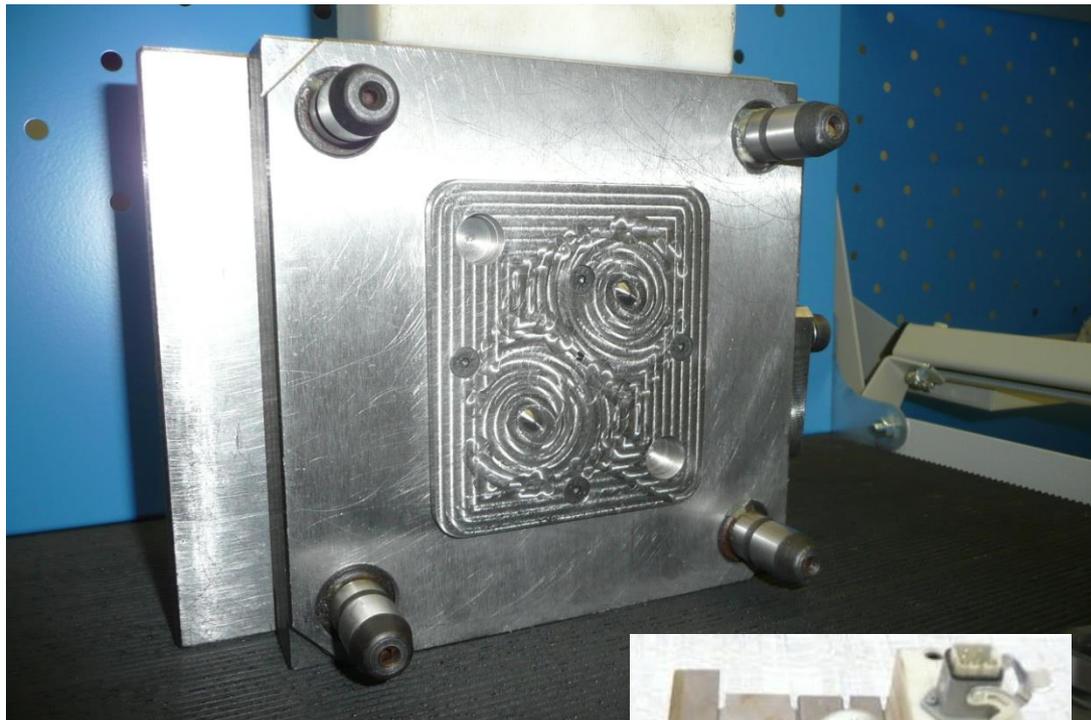
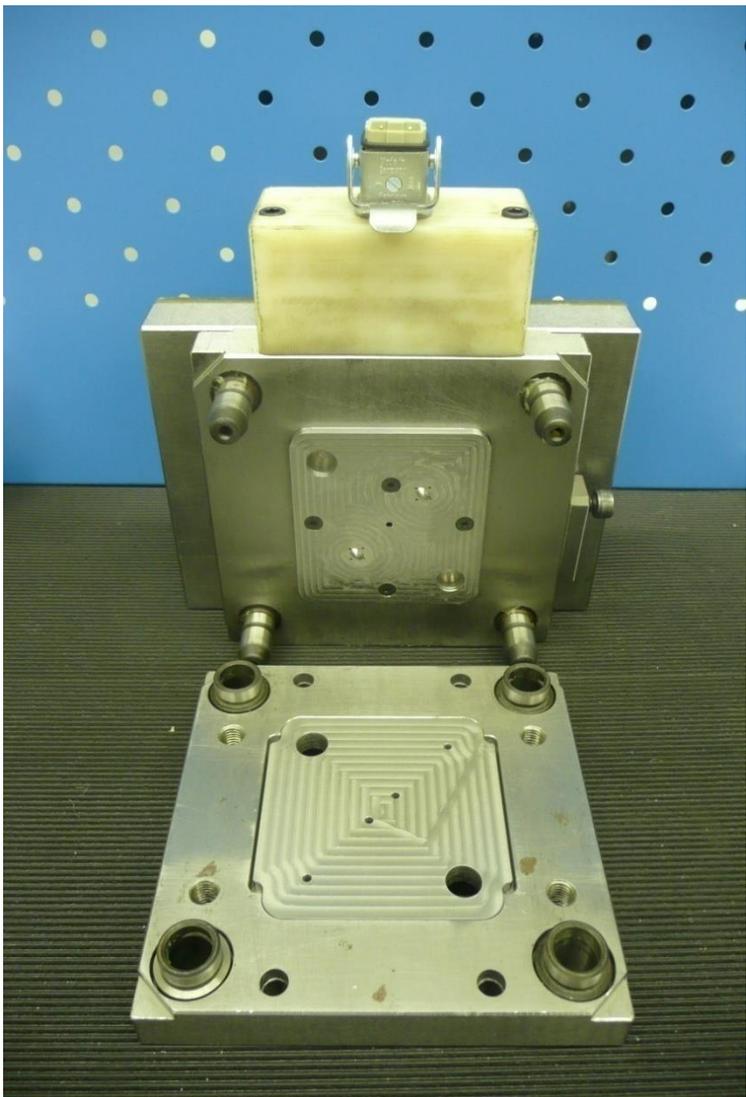
- Измерение точности с использованием профилометра Nommel Tester T8000 после обработке на станке Haas SMM
 - точность формообразующих $\pm 0,025\text{мм}$



Формообразующие после полировки



Литьевая форма

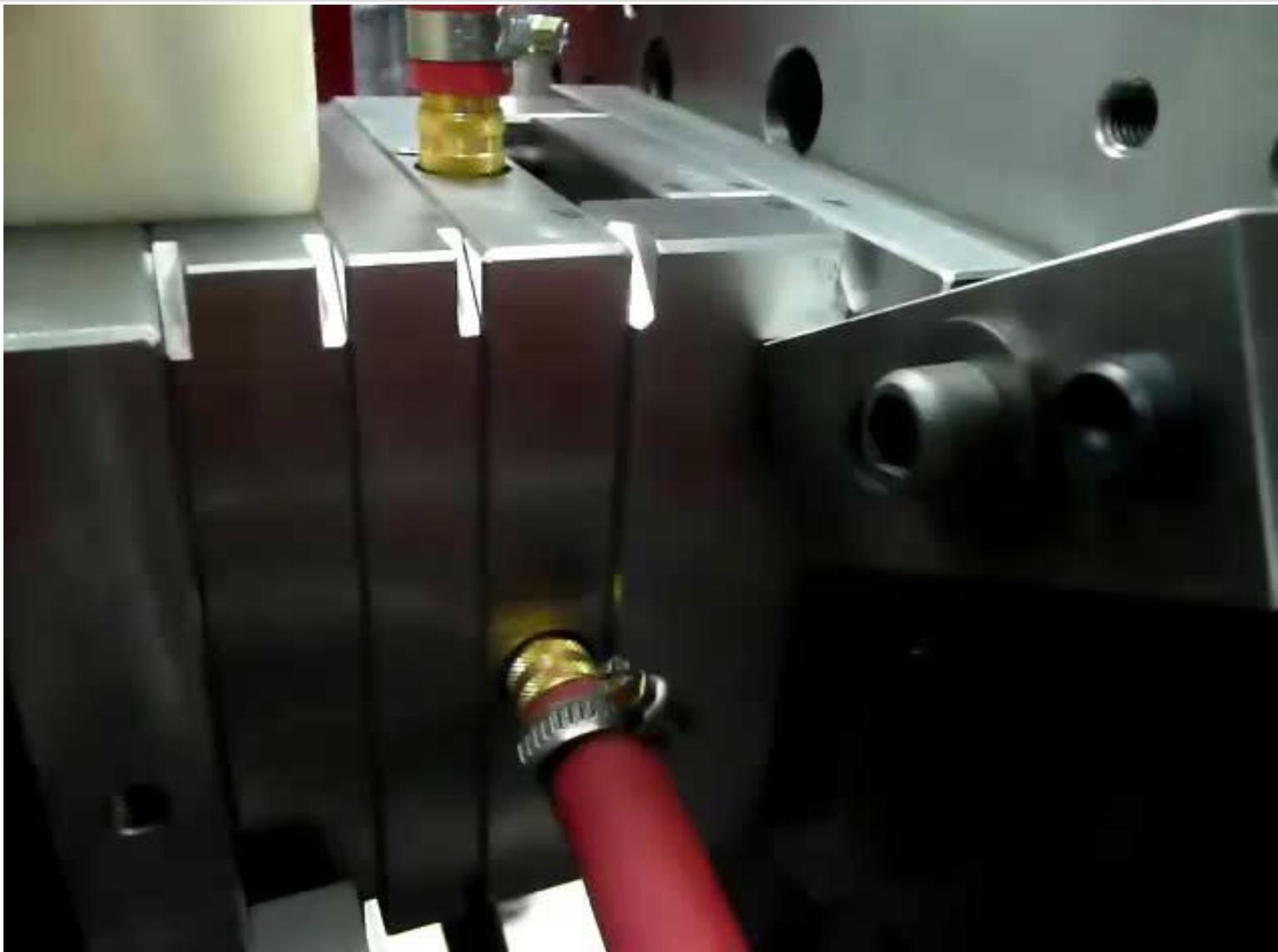


Литье линз

- Термопластавтомат Ferromatik Milacron EE30-55
- Термостат ТТ-188



Литье линз

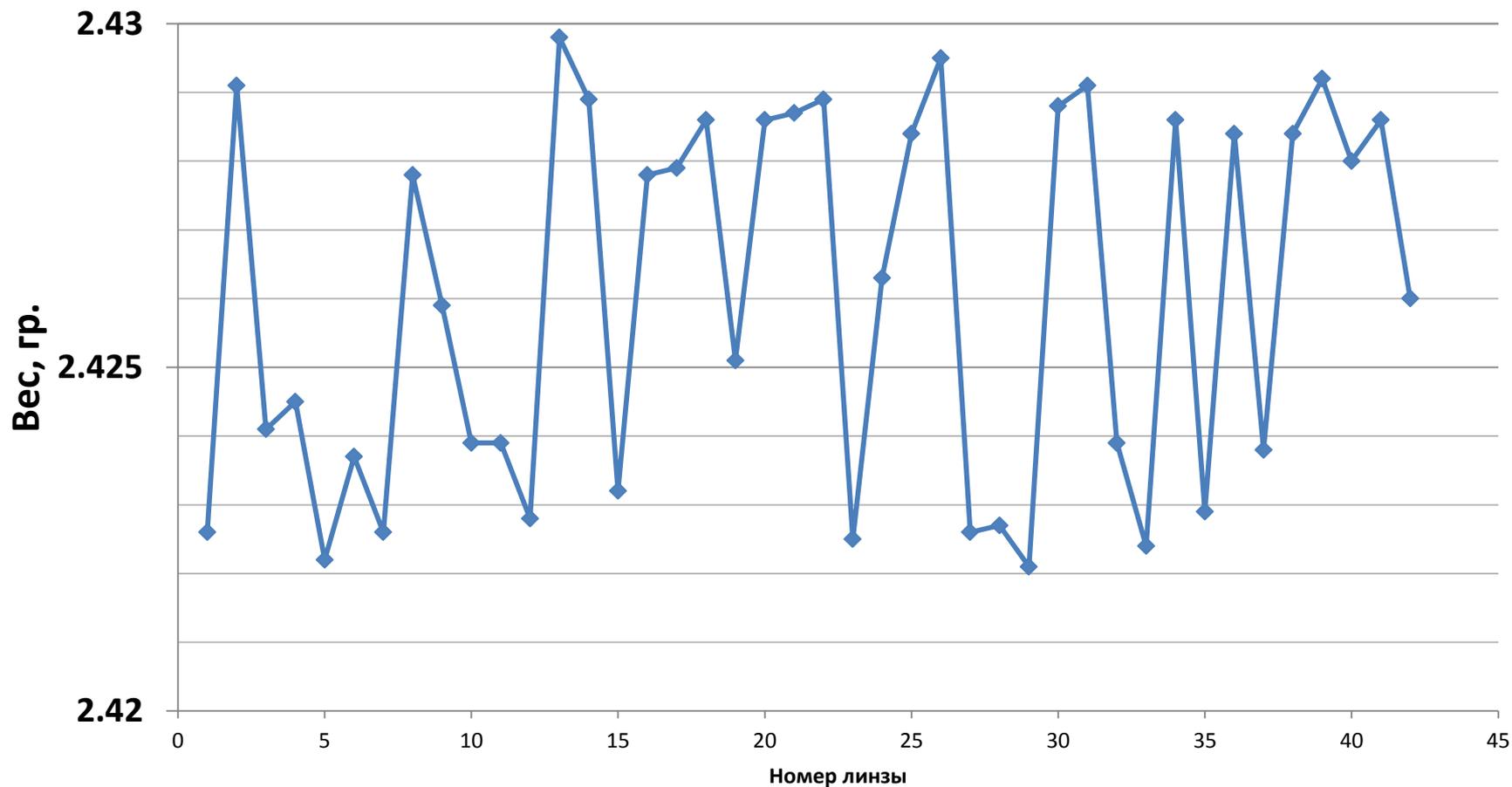


Отливки и линзы



Измерение массы отливок

- Изменение массы в третьем знаке => процесс стабилен



Измерение геометрии линзы

- Измерение точности с использованием КИМ Global Performance
- Измерение точности/шероховатости с использованием профилометра Hommel Tester T8000

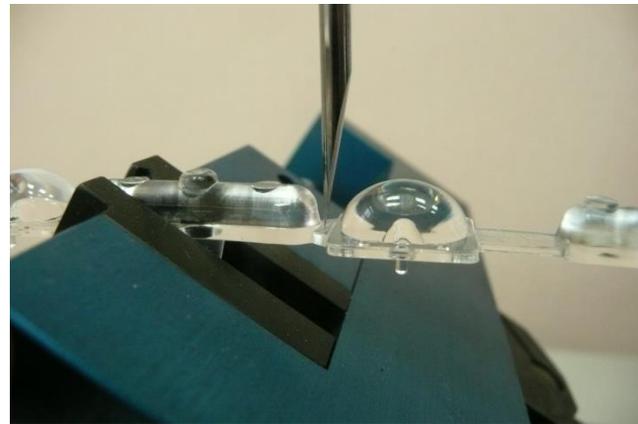
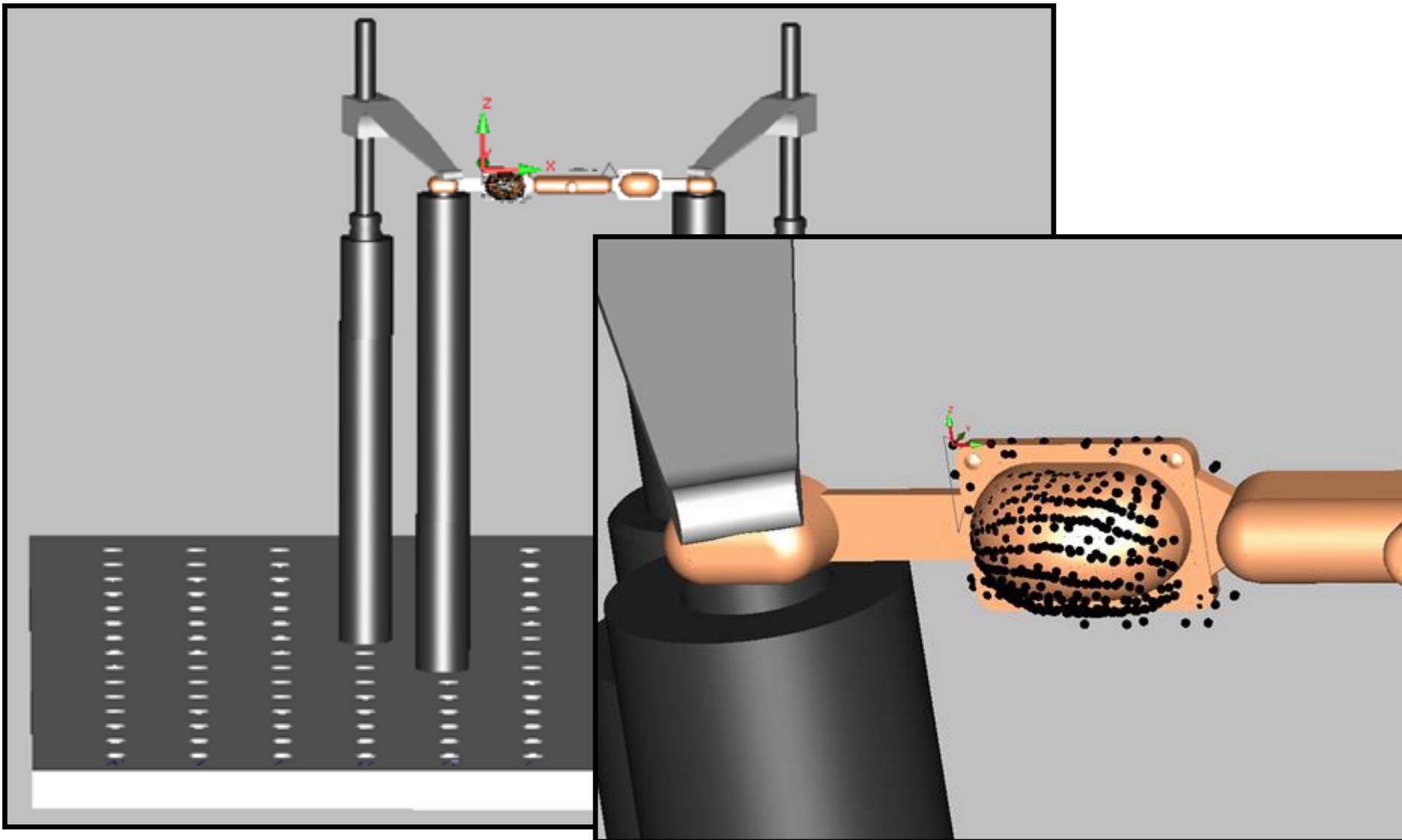


Схема измерения точности на КИМ



Измерение геометрии на профилометре

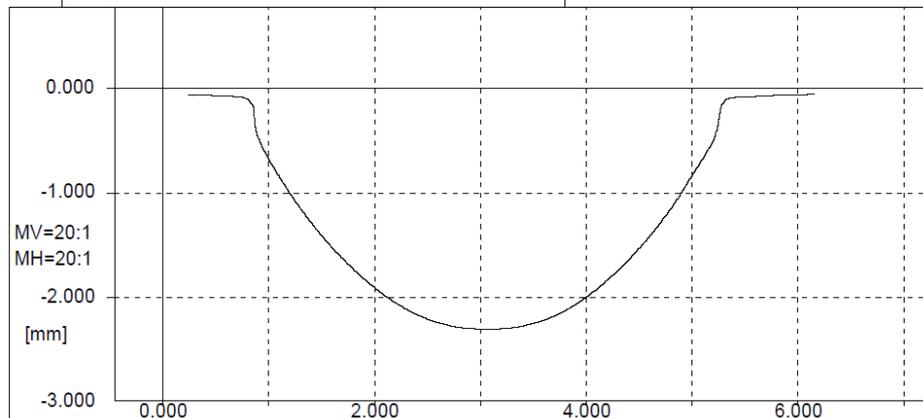
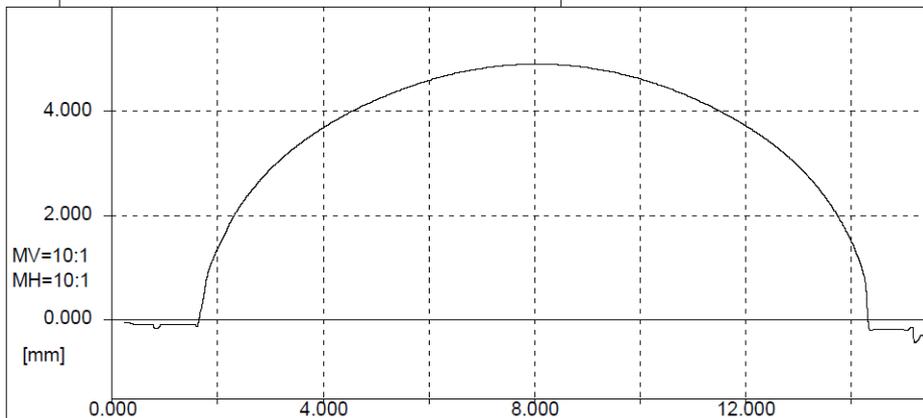


Результаты измерений точности линзы

- Совпадение геометрии полученной отливки с прогнозом ее размеров в Moldex3D находится в допуске [-0,042; 0,03]

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.32
Measuring conditions
Probe type: WCD_TA60 - Pro
Measuring range: 30000 μm
Linear traverse unit: waveline 120
Traverse length : 16.00 mm
Speed (Vt): 0.50 mm/s
Measuring points: 16000
Filter : ISO 11562(M1)
Lc (Cut Off) : 0.800 mm
Lc / Ls: 300
height discrimination C1 : +5%Rz μm
height discrimination C2 : -5%Rz μm
Zero line Pmr: 0.00 %
Zero line Rmr: 0.00 %

HOMMEL-ETAMIC
TURBO WAVE V7.32
Measuring conditions
Probe type: WCD_TA60 - Pro
Measuring range: 30000 μm
Linear traverse unit: waveline 120
Traverse length : 6.00 mm
Speed (Vt): 0.50 mm/s
Measuring points: 12000
Filter : ISO 11562(M1)
Lc (Cut Off) : 0.800 mm
Lc / Ls: 300
height discrimination C1 : +5%Rz μm
height discrimination C2 : -5%Rz μm
Zero line Pmr: 0.00 %
Zero line Rmr: 0.00 %

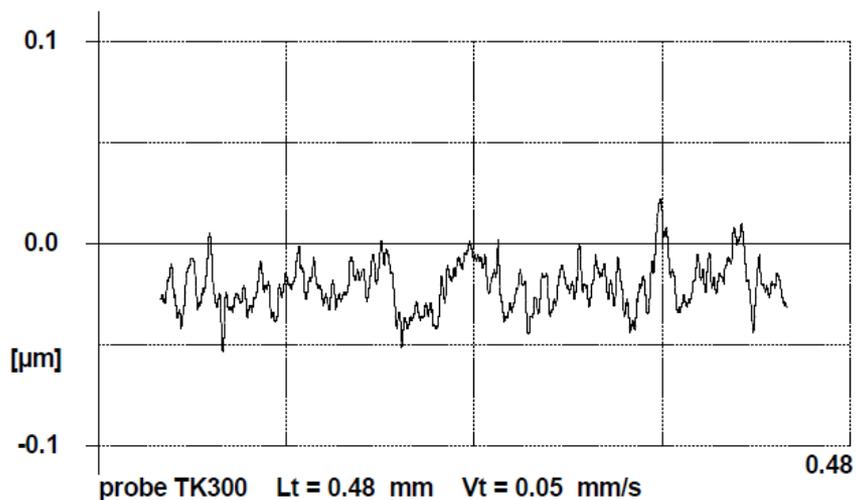


Результаты измерений шероховатости линзы

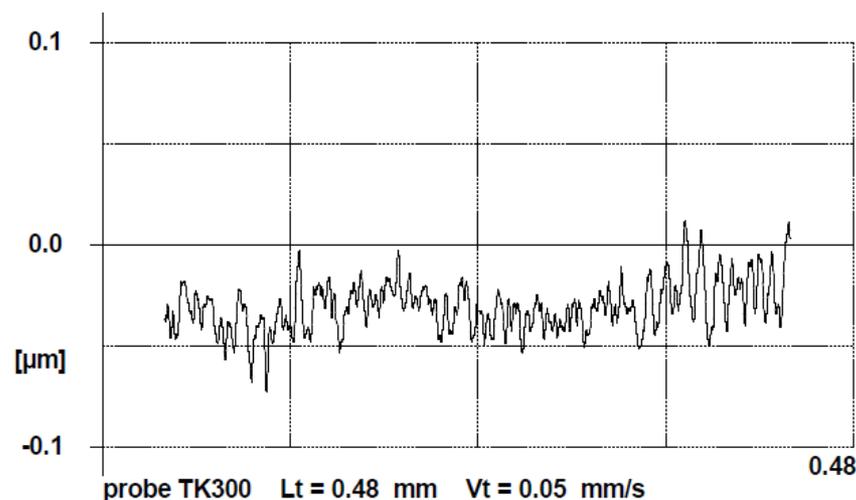
HOMMEL-ETAMIC		Ra	0.02 μm
TURBO WAVE V7.32		Rq	0.02 μm
Measuring conditions		Rt	0.08 μm
Probe type:	TK300	Rz	0.06 μm
Measuring range:	80 μm	Rmax	0.07 μm
Linear traverse unit:	waveline 120		
Traverse length (Lt) :	0.48 mm		
Speed (Vt):	0.05 mm/s		
Measuring points:	9600		
Filter :	ISO 11562(M1)		
Lc (Cut Off) :	0.080 mm		
Lc / Ls:	30		
height discrimination C1 :	+5%Rz μm		
height discrimination C2 :	-5%Rz μm		
Zero line Pmr:	0.00 %		
Zero line Rmr:	0.00 %		

HOMMEL-ETAMIC		Ra	0.03 μm
TURBO WAVE V7.32		Rq	0.03 μm
Measuring conditions		Rt	0.09 μm
Probe type:	TK300	Rz	0.05 μm
Measuring range:	80 μm	Rmax	0.06 μm
Linear traverse unit:	waveline 120		
Traverse length (Lt) :	0.48 mm		
Speed (Vt):	0.05 mm/s		
Measuring points:	9600		
Filter :	ISO 11562(M1)		
Lc (Cut Off) :	0.080 mm		
Lc / Ls:	30		
height discrimination C1 :	+5%Rz μm		
height discrimination C2 :	-5%Rz μm		
Zero line Pmr:	0.00 %		
Zero line Rmr:	0.00 %		

R- Profile Filter ISO 11562(M1) Lc = 0.080 mm



R- Profile Filter ISO 11562(M1) Lc = 0.080 mm



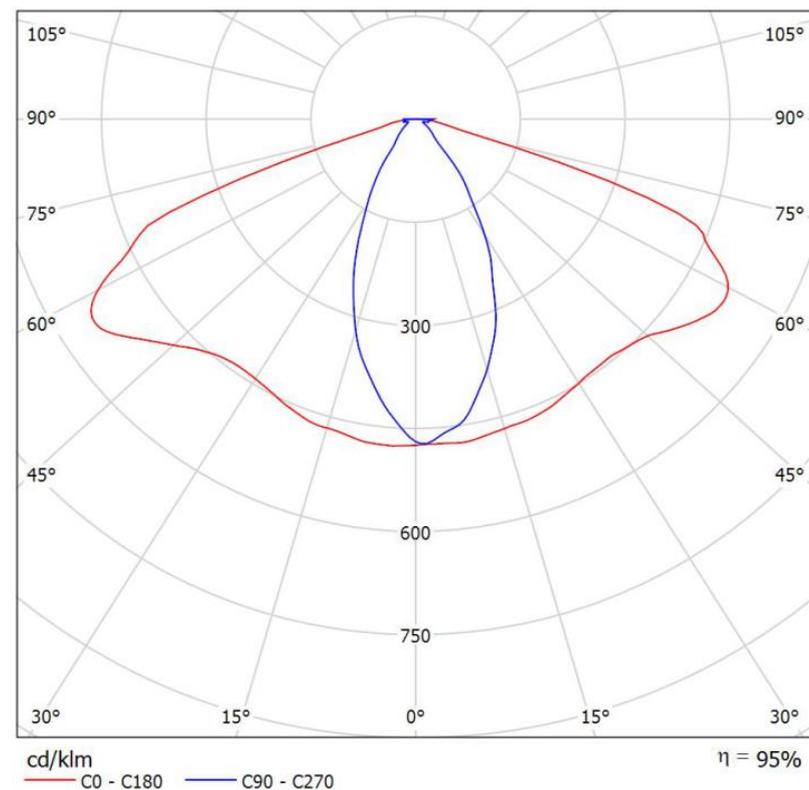
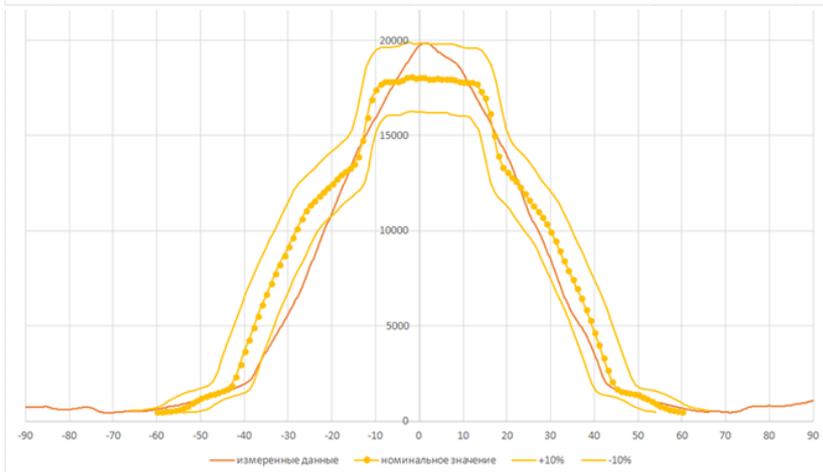
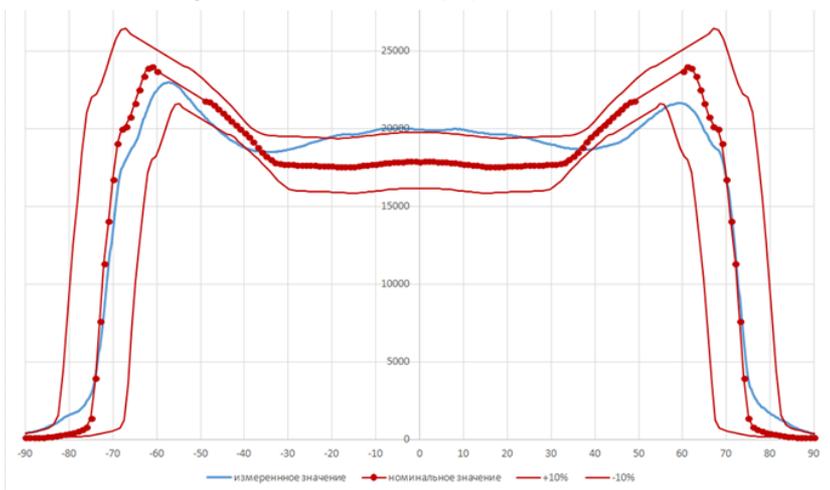
Измерение оптических характеристик

- Монтаж светодиода на плате



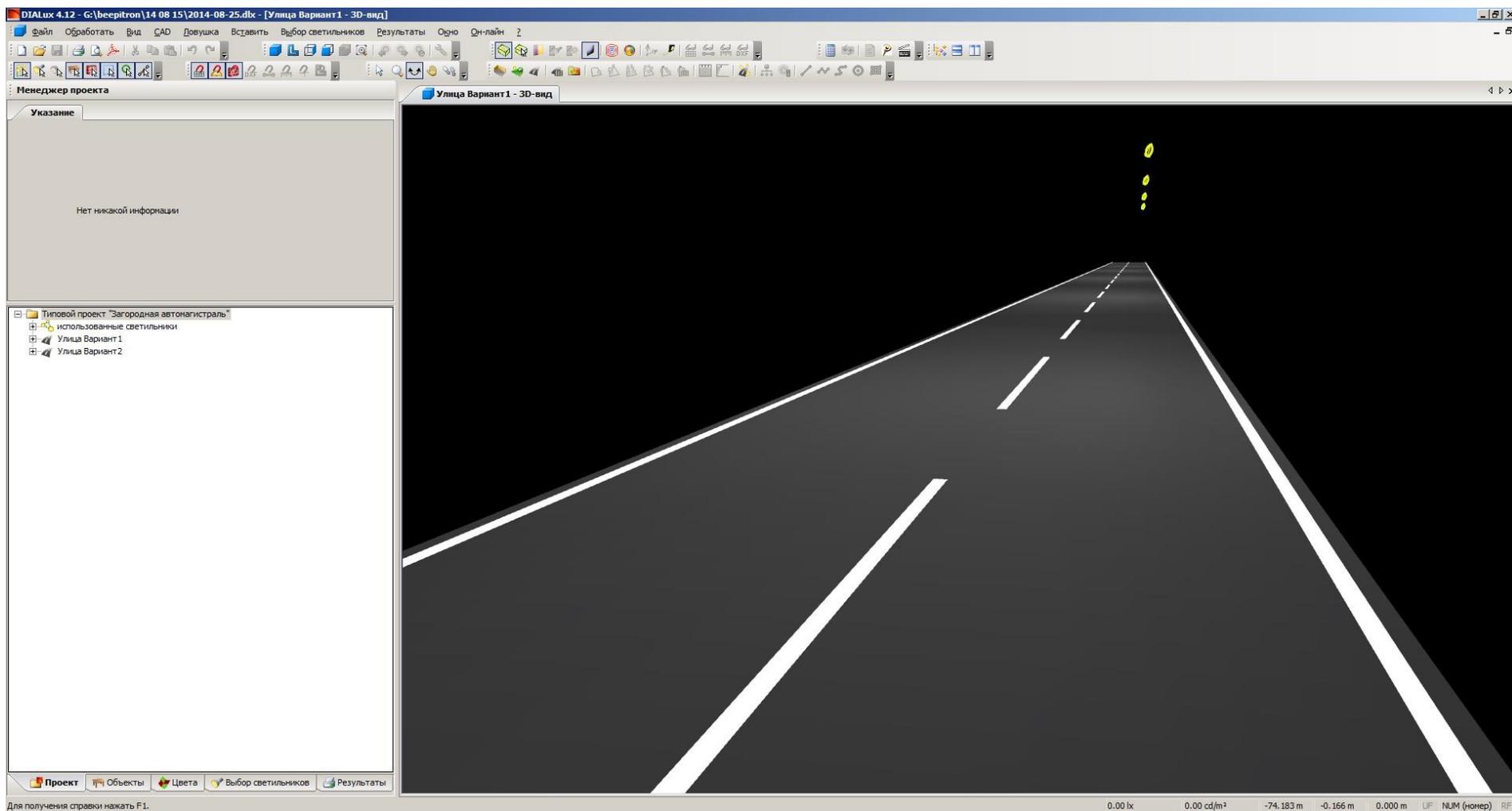
Оптические характеристики линзы

- КСС с допуском $\pm 10\%$ в прямоугольной и в полярной системе координат, КПД линзы – 95%



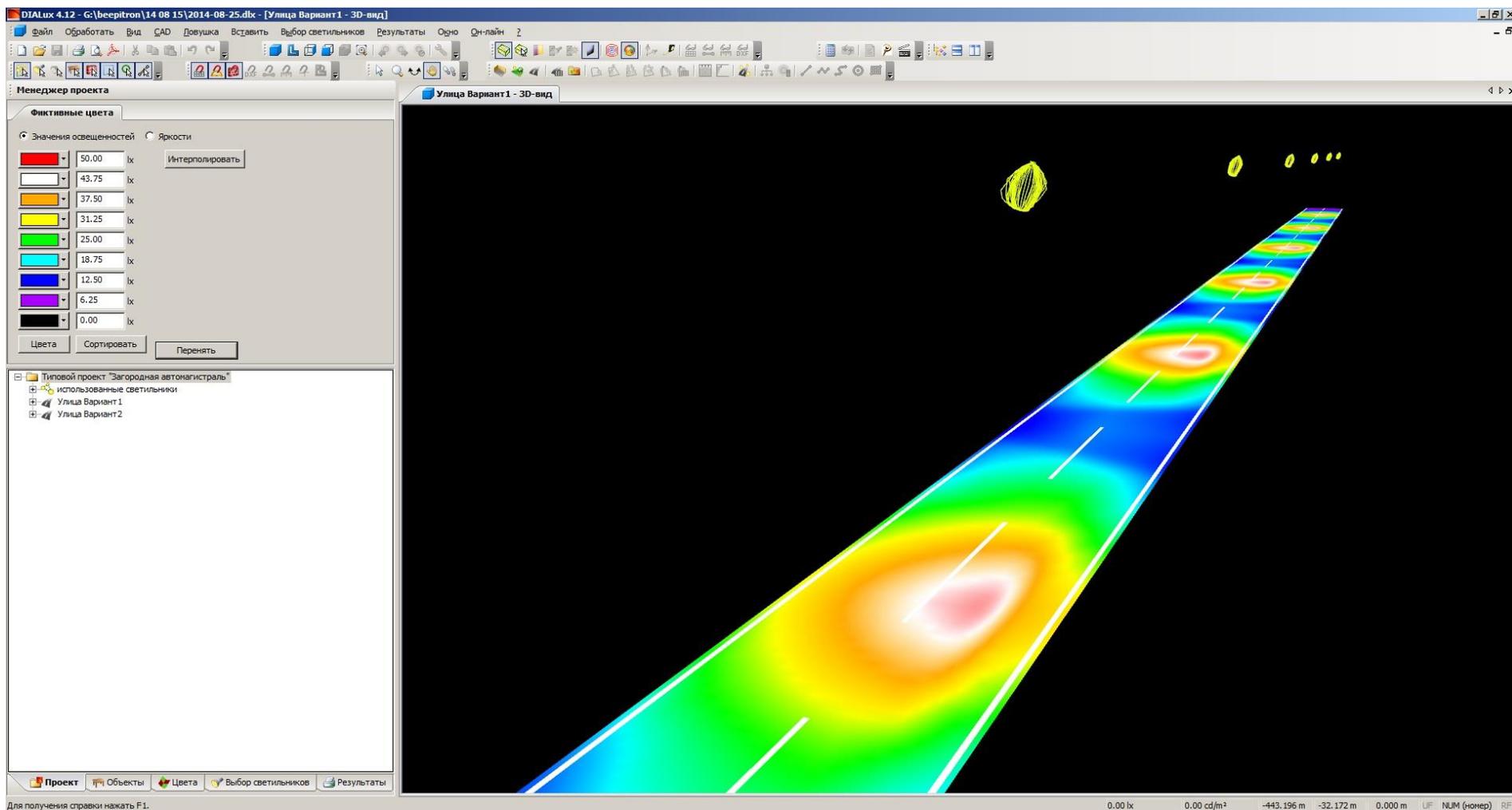
Проверка результатов проектирования (1/2)

- Расчет освещенности дорожного полотна в *DIALux*



Проверка результатов проектирования (2/2)

- Расчет освещенности дорожного полотна в *DIALux*



Общие результаты проекта разработки и изготовления опытного образца линзы светодиодного светильника

- Продолжительность проекта 9,5 недели, том числе:
 - Проектирование линзы – 5 недель
 - Перепроектирование и модернизация групповой литьевой формы и литье деталей – 4,5 недели
- Высокая производительность достигнута за счет:
 - Комплексного моделирования производственных процессов с использованием специализированных CAD/CAM/CAE-систем
 - Современной организации работ
 - Реализации концепции «расширенного предприятия»

Спасибо за внимание!